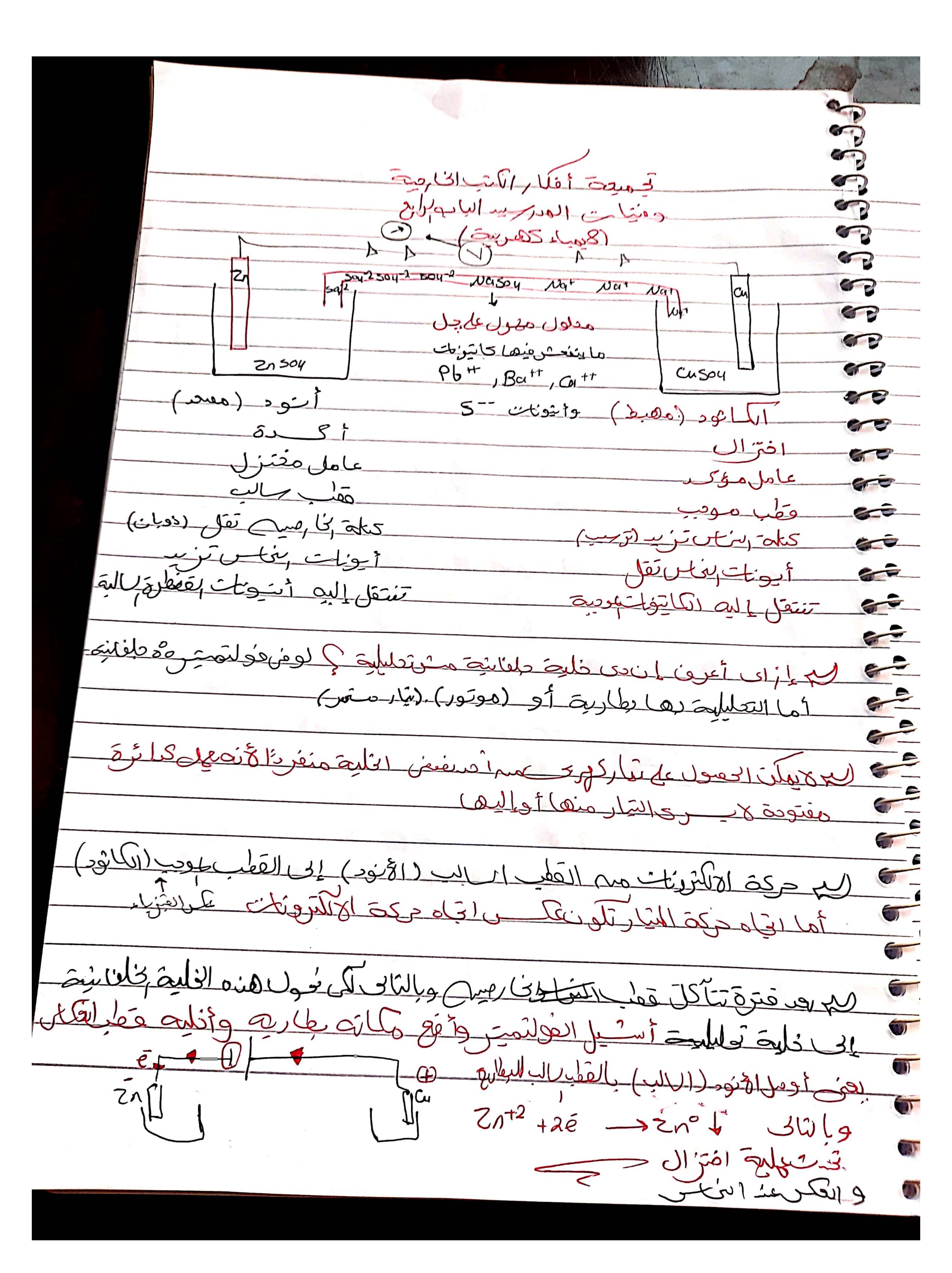
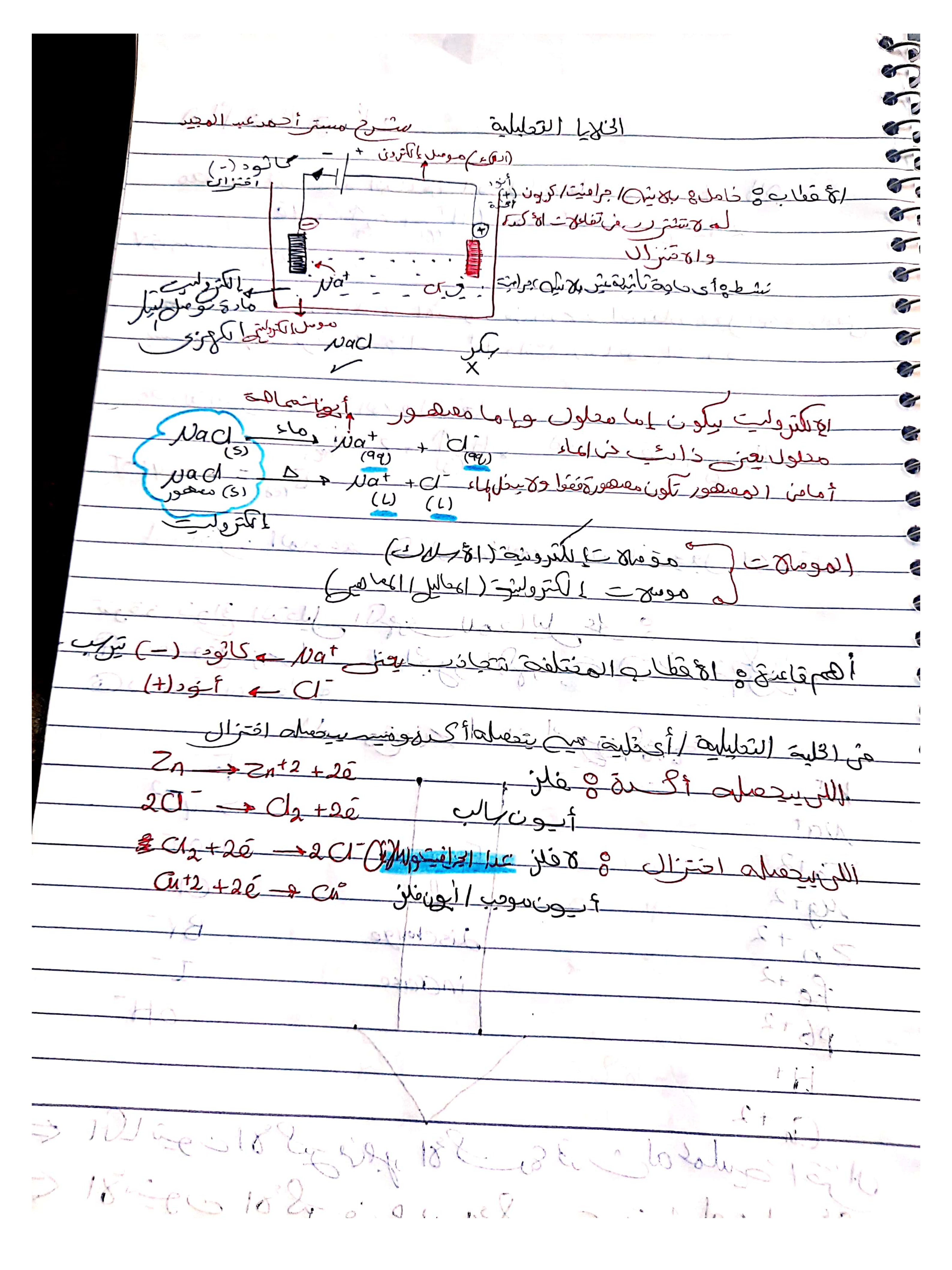
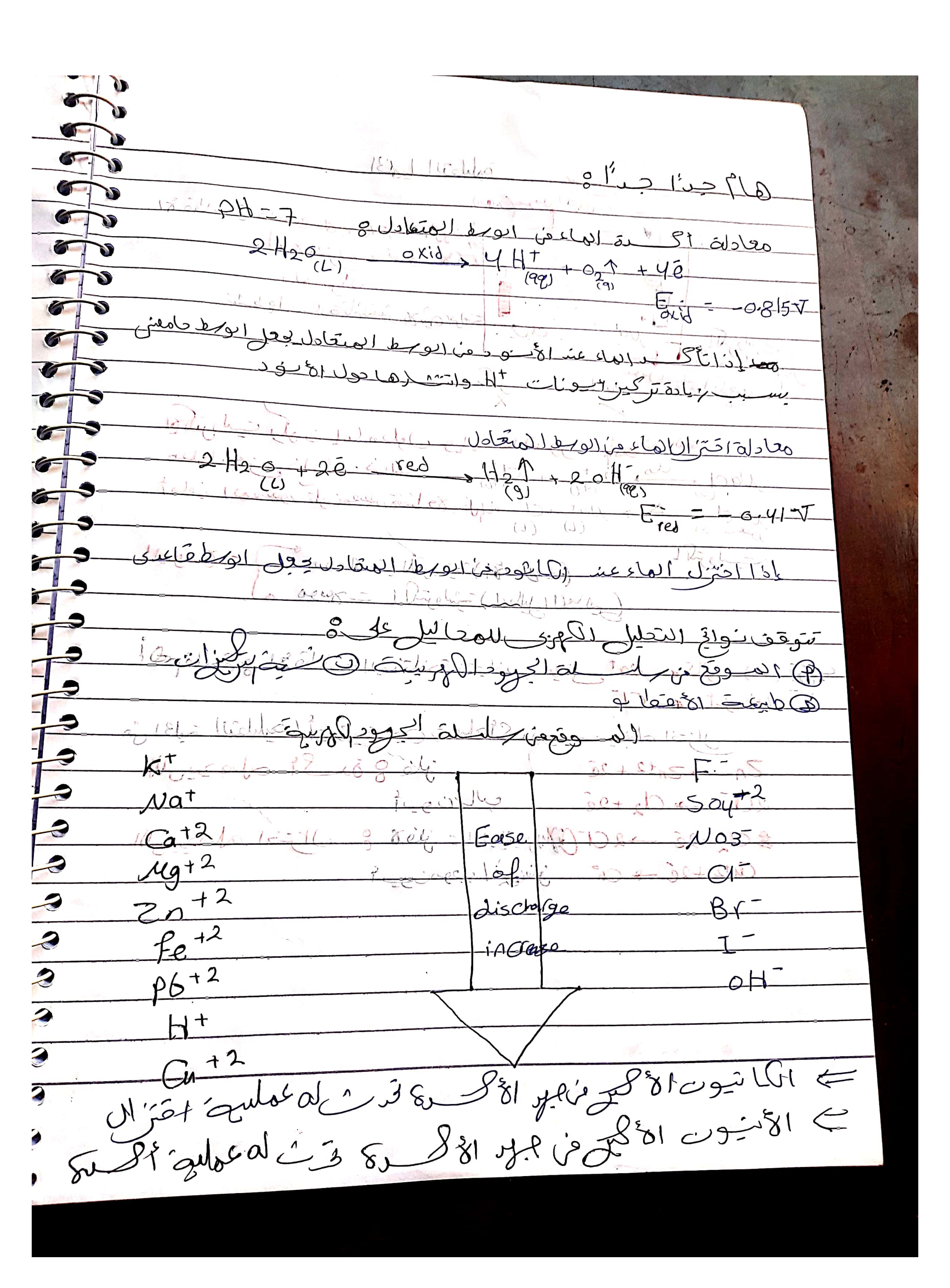

تجميعة أفكار الكتب الخارجية
ومنيات المدرسين الباب الرابع
(الكيمياء الكهربية)
Zn
Cu
ZnSO4
CuSO4
NaSO4
محلول محمول على جل
ما ينفعش منها كاتيونات
Pb++ , Ba++ , Ca++
S-- وانيونات
أنود (مصعد)
أكسدة
عامل مختزل
قطب سالب
كتلة الخارصين تقل (ذوبان)
أيونات الخارصين تزيد
تنتقل إليه أنيونات القنطرة الملحية
الكاثود (مهبط)
اختزال
عامل مؤكسد
قطب موجب
كتلة النحاس تزيد (ترسيب)
أيونات النحاس تقل
تنتقل إليه الكاتيونات الموجبة
س إزاى أعرف إن دى خلية جلفانية مش تحليلية ؟ لو فى فولتميتر هي جلفانية
أما التحليلية بها بطارية أو (موتور) (تيار مستمر)
س لا يمكن الحصول على تيار كهربى من أحد نصفي الخلية منفرداً لأنه يمثل دائرة مفتوحة لا يسرى التيار منها أو إليها
س حركة الالكترونات من القطب السالب (الأنود) إلى القطب الموجب (الكاثود)
أما اتجاه حركة التيار تكون عكس اتجاه حركة الالكترونات
عكس الفيزياء
س بعد فترة تآكل قطب الخارصين وبالتالي لكى نحول هذه الخلية الجلفانية إلى خلية تحليلية أشيل الفولتميتر وأضع مكانه بطارية وأنظف قطب النحاس
يعنى أوصل الأنود (السالب) بالقطب السالب للبطارية
$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn^0$
وبالتالي تحدث عملية اختزال
والعكس عند النحاس


الخلايا التحليلية
شرح مستر أحمد عبد المجيد
(أسلاك) موصل إلكتروني
كاثود (-) اختزال
أنود (+) أكسدة
الأقطاب: خامل ع بلاتين / جرافيت / كربون
له لا يشترك في تفاعلات الأكسدة والاختزال
نشط: أي مادة ثانية غير بلاتين جرافيت
Na^+
Cl^-
إلكتروليت مادة توصل التيار الكهربي
موصل إلكتروليتي
NaCl ✓
سكر ✗
الإلكتروليت يكون إما محلول وإما مصهور
محلول يعني ذائب في الماء
أما المصهور تكون مصهورة فقط ولا يدخل الماء
$NaCl_{(s)} \xrightarrow{ماء} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
$NaCl_{(s)}$ مصهور $\xrightarrow{\Delta} Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)}$
إلكتروليت
الموصلات: موصلات إلكترونية (الأسلاك)
موصلات إلكتروليتية (المحاليل المصاهير)
أهم قاعدة: الأقطاب المختلفة تتجاذب يعني Na^+ ← كاثود (-) ترسيب
Cl^- ← أنود (+)
في الخلية التحليلية / أي خلية مين يحصله أكسدة وفين يحصله اختزال
اللي يحصله أكسدة: فلز
أيون سالب
$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$
$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$
اللي يحصله اختزال: لا فلز عدا الهيدروجين
أيون موجب / أيون فلز
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$
$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$



هام جداً جداً

معادلة أكسدة الماء في الوسط المتعادل: $pH = 7$

$$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{oxid} 4H^+_{(aq)} + O_{2(g)}\uparrow + 4e^-$$

$$E_{oxid} = -0.815\ V$$

إذا تأكسد الماء عند الأنود في الوسط المتعادل يجعل الوسط حامضي بسبب زيادة تركيز أيونات H^+ وانتشارها حول الأنود

معادلة اختزال الماء في الوسط المتعادل

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \xrightarrow{red} H_{2(g)}\uparrow + 2OH^-_{(aq)}$$

$$E_{red} = -0.41\ V$$

إذا اختزل الماء عند الكاثود في الوسط المتعادل يجعل الوسط قاعدي

تتوقف نواتج التحليل الكهربي للمحاليل على:

(أ) الموقع من سلسلة الجهود الكهربية (ب) تركيز الأيونات

(ج) طبيعة الأقطاب

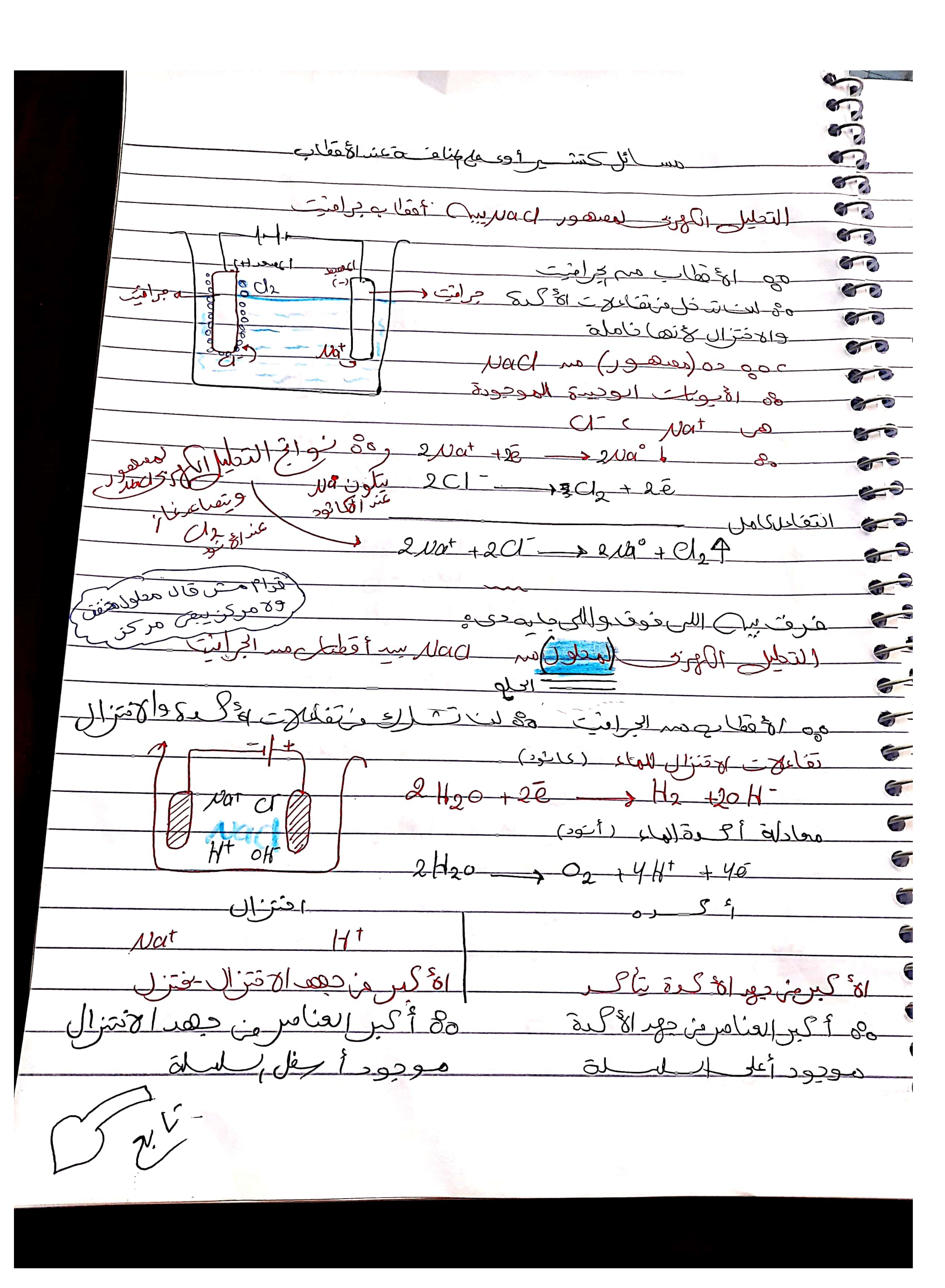
الموقع من سلسلة الجهود الكهربية

Cations		Anions
K^+	Ease of discharge increase ↓	F^-
Na^+		SO_4^{-2}
Ca^{+2}		NO_3^-
Mg^{+2}		Cl^-
Zn^{+2}		Br^-
Fe^{+2}		I^-
Pb^{+2}		OH^-
H^+		
Cu^{+2}		

⇐ الكاتيون الأقل في جهد الأكسدة تحدث له عملية اختزال

⇐ الأنيون الأقل في جهد الأكسدة تحدث له عملية أكسدة

المسموحة ضوئيا بـ CamScanner



مسائل كتشير أو على مختلفة عند الأقطاب
التحليل الكهربي لمصهور NaCl بين أقطاب جرافيت
أقطاب من جرافيت
لا تشترك في تفاعلات الأكسدة والاختزال لأنها خاملة
دا (مصهور) من NaCl
الأيونات الوحيدة الموجودة هي Na^+ ، Cl^-
$2Na^+ + 2\bar{e} \rightarrow 2Na^0$
$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\bar{e}$
التفاعل الكامل
$2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na^0 + Cl_2 \uparrow$
نواتج التحليل الكهربي لمصهور كلوريد الصوديوم
يتكون Na عند الكاثود
ويتصاعد غاز Cl_2 عند الأنود
فرق بين اللي فوق واللي جاي ده
التحليل الكهربي لمحلول من NaCl بين أقطاب من الجرافيت
الملح
قراءة مش قال محلول مخفف ولا مركز يعني مركز
الأقطاب من الجرافيت لن تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال
تفاعلات الاختزال للماء (كاثود)
$2H_2O + 2\bar{e} \rightarrow H_2 + 2OH^-$
معادلة أكسدة الماء (أنود)
$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4\bar{e}$
اختزال
أكسدة
Na^+
H^+
الأكبر من جهد الاختزال يختزل
الأكبر من جهد الأكسدة يتأكسد
أكبر العناصر من جهد الاختزال موجود أسفل السلسلة
أكبر العناصر من جهد الأكسدة موجود أعلى السلسلة
تابع

الاختزال	الأكسدة
Na^+ H^+	OH^- ، Cl^-
$2H_2O + 2\bar{e} \longrightarrow H_2 + OH^-$ المحلول قاعدي	∴ المفروض كدة جهد أكسدة الماء أكبر ∴ تحدث

عملية أكسدة للماء ولكن

هذا لا يحدث في الواقع

بمعنى تتأكسد أيونات Cl^- ذات جهد الأكسدة الأقل

ولا يتأكسد الماء ، لماذا ؟ (يحدث هذا من بداية التفاعل وبعد فترة العكس)

لأن O_2 الناتج من أكسدة الماء يُستقطب (يتراكم)

على لوح الجرافيت والإزالة هذا الاستقطاب يلزم فرق جهد أكثر

مما يجعل جهد أكسدة الماء أقل من جهد أكسدة $2Cl^-$

فتكون معادلة اختزال Cl^- هي الأسهل (ده استثناء وحيد)

لأن Cl^- جهد اختزاله قريب من الماء

∴ المعادلة عند الأنود هي

$$2Cl^- \xrightarrow{oxid} Cl_2 + 2\bar{e}$$

∴

$$2Cl^- \xrightarrow{oxid} Cl_2 + 2\bar{e}$$

$$2H_2O + 2\bar{e} \xrightarrow{red} H_2 + 2OH^-$$

$$2Cl^- + 2H_2O \longrightarrow Cl_2\uparrow + H_2\uparrow + 2OH^-$$

أنود كاثود

وبسبب زيادة أيونات OH^- ، Na^+ ∴ تتكون NaOH

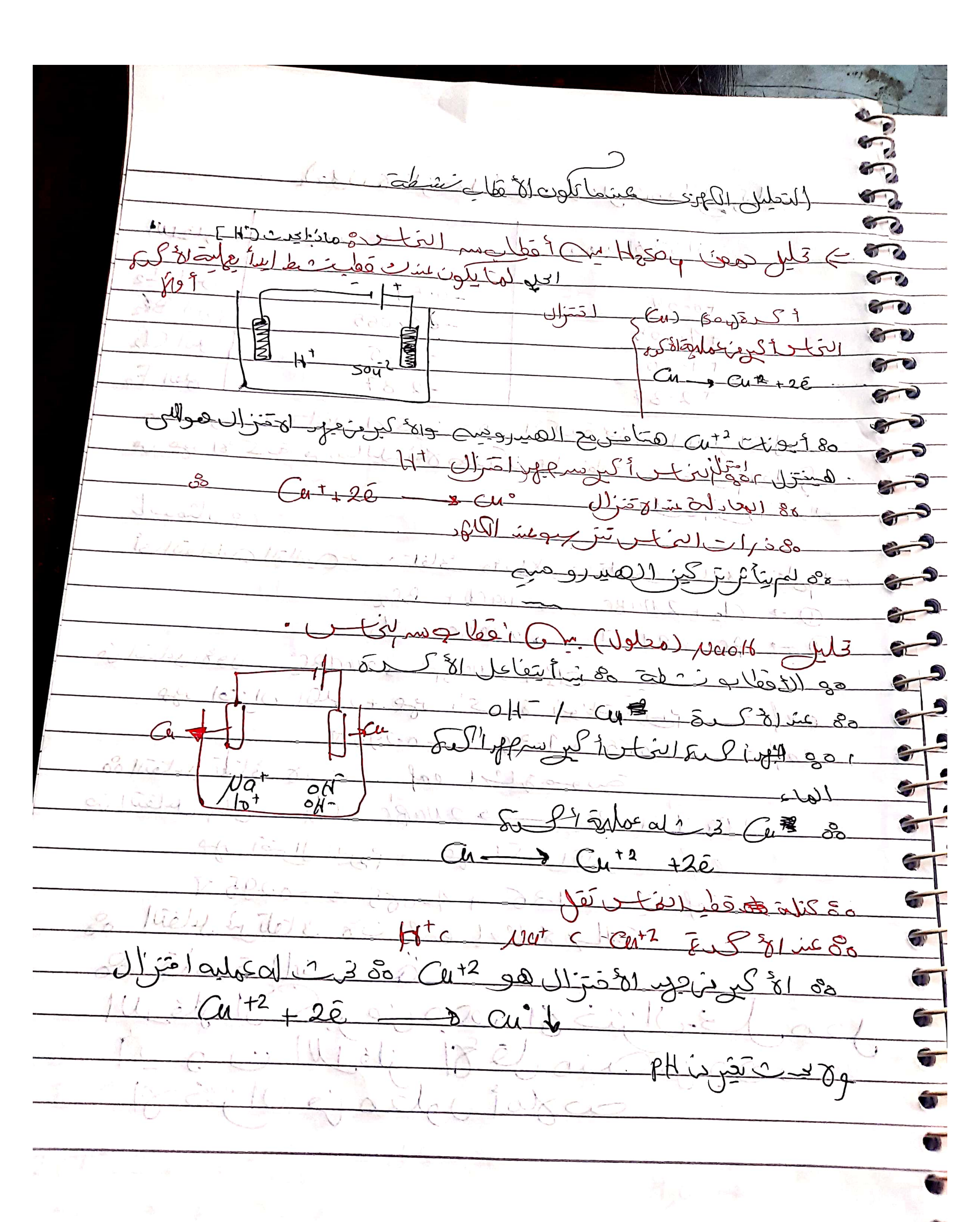
∴ يصبح المحلول قاعدي .

∴ نواتج التحليل الكهربي لمحلول NaCl

- تصاعد غاز الكلور عند الأنود
- تصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود
- يصبح المحلول قلوي بسبب زيادة تركيز أيونات OH^-

(قاعدة) عندما يحدث تنافس Cl^- ، OH^- دائمًا Cl^- هو

الذي يتأكسد بالرغم من إنه أقل من OH^-



التحليل الكهربي عندما تكون الأقطاب نشطة

← تحليل حمض H_2SO_4 بين أقطاب من النحاس

الحل لما يكون عندي قطب نشط ابدأ بعملية الأكسدة أولاً

أكسدة (Cu) — اختزال

النحاس أكبر ميل لعملية الأكسدة

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e$

ⵓ أيونات Cu^{+2} هتنافس مع الهيدروجين والأكبر ميل للاختزال هو اللي هيختزل. والنحاس أكبر ميل للاختزال H^+

ⵓ المعادلة عند الاختزال $Cu^{+} + 2e \rightarrow Cu^0$

ⵓ ذرات النحاس تترسب عند الكاثود

ⵓ لم يتأثر تركيز الهيدروجين

تحليل NaOH (محلول) بين أقطاب من النحاس:

ⵓ الأقطاب نشطة ⵓ نبدأ بتفاعل الأكسدة

ⵓ عند الأكسدة OH^- / Cu

ⵓ النحاس أكبر ميل للأكسدة من الماء

ⵓ Cu تحدث له عملية أكسدة

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e$

ⵓ كتلة قطب النحاس تقل

ⵓ عند الاختزال Cu^{+2} ، Na^+ ، H^+

ⵓ الأكبر ميل للاختزال هو Cu^{+2} ⵓ تحدث له عملية اختزال

$Cu^{+2} + 2e \rightarrow Cu^0 \downarrow$

ولا يحدث تغير في PH

إحلال اللافلز محل أيون لافلز من محاليل مركباته

اللافلز	جهد الأكسدة	جهد الاختزال
اليود I_2	-0.54	$+0.54$
البروم Br_2	-1.065	$+1.065$
الكلور Cl_2	-1.36	$+1.36$
الفلور F_2	-2.87	$+2.87$

من المعروف أن الفلز الأكبر من جهد الأكسدة يحل محل الفلز الأقل منه من جهد الأكسدة من محاليل أملاحه ولكن هل ينطبق ذلك على اللافلز؟
" صلي على النبي وأنا أقولك "

ناخد مثال:
أي التفاعلات التالية تحدث تلقائياً وأيها لا يحدث تلقائياً ومع الاستنتاج المناسب

(1) → $Cl_2 + 2NaBr \longrightarrow NaCl + Br_2$

(2) → $Br_2 + 2NaCl \longrightarrow 2NaBr + Cl_2$

من التفاعل الأول $\overset{0}{Cl_2} + 2Na\overset{-1}{Br} \longrightarrow 2Na\overset{-1}{Cl} + \overset{0}{Br_2}$

emf = جهد اختزال الكلور + جهد أكسدة أيونات البروم

$emf = -1.065 + 1.36 = +0.295\ V$

∴ التفاعل تلقائي لأن emf بإشارة موجبة

من التفاعل الثاني $2Na\overset{-1}{Cl} + \overset{0}{Br_2} \longrightarrow 2Na\overset{-1}{Br} + \overset{0}{Cl_2}$

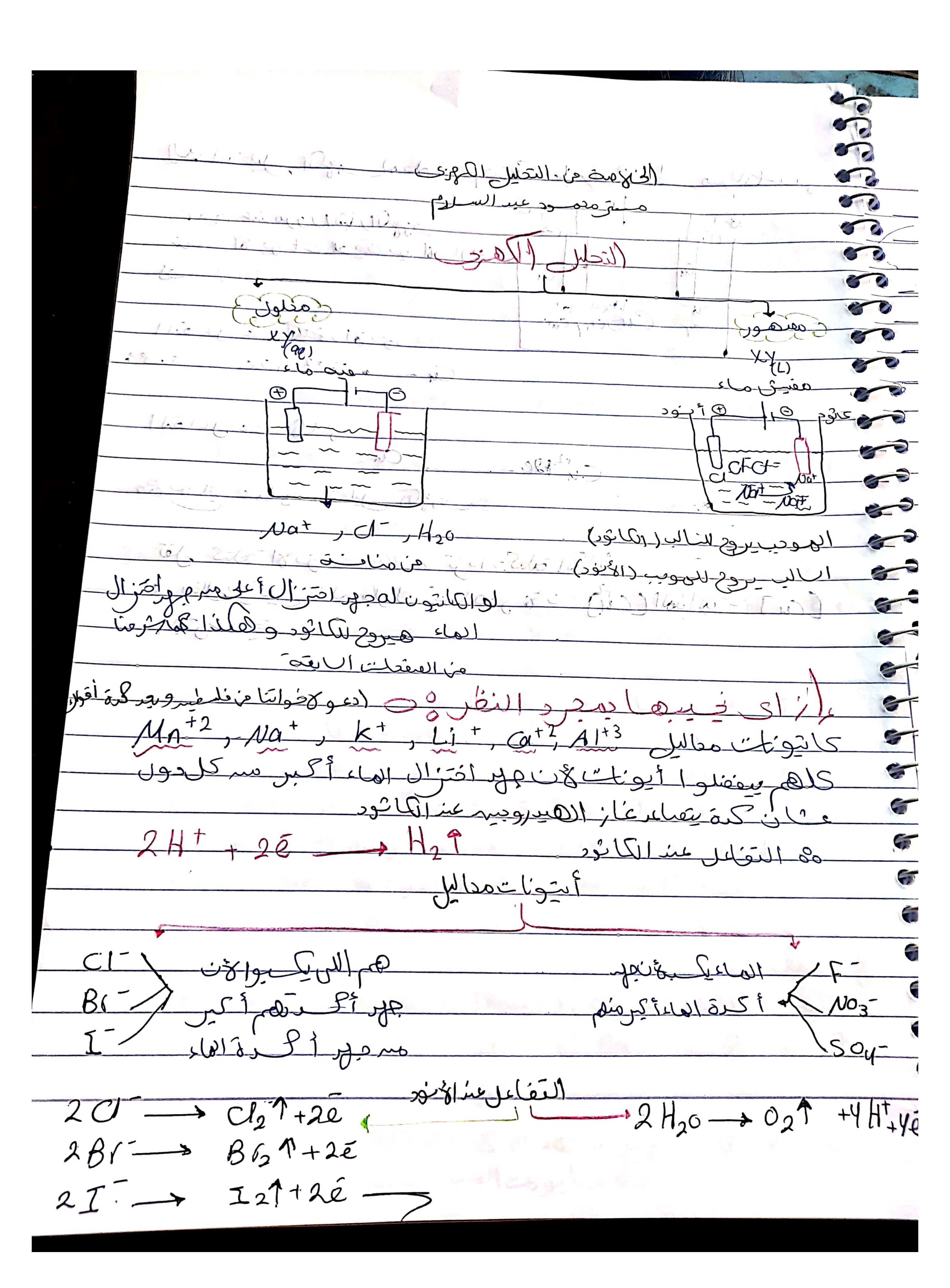
emf = جهد اختزال البروم + جهد أكسدة الكلور

$emf = -1.36 + 1.065 = -0.295\ V$

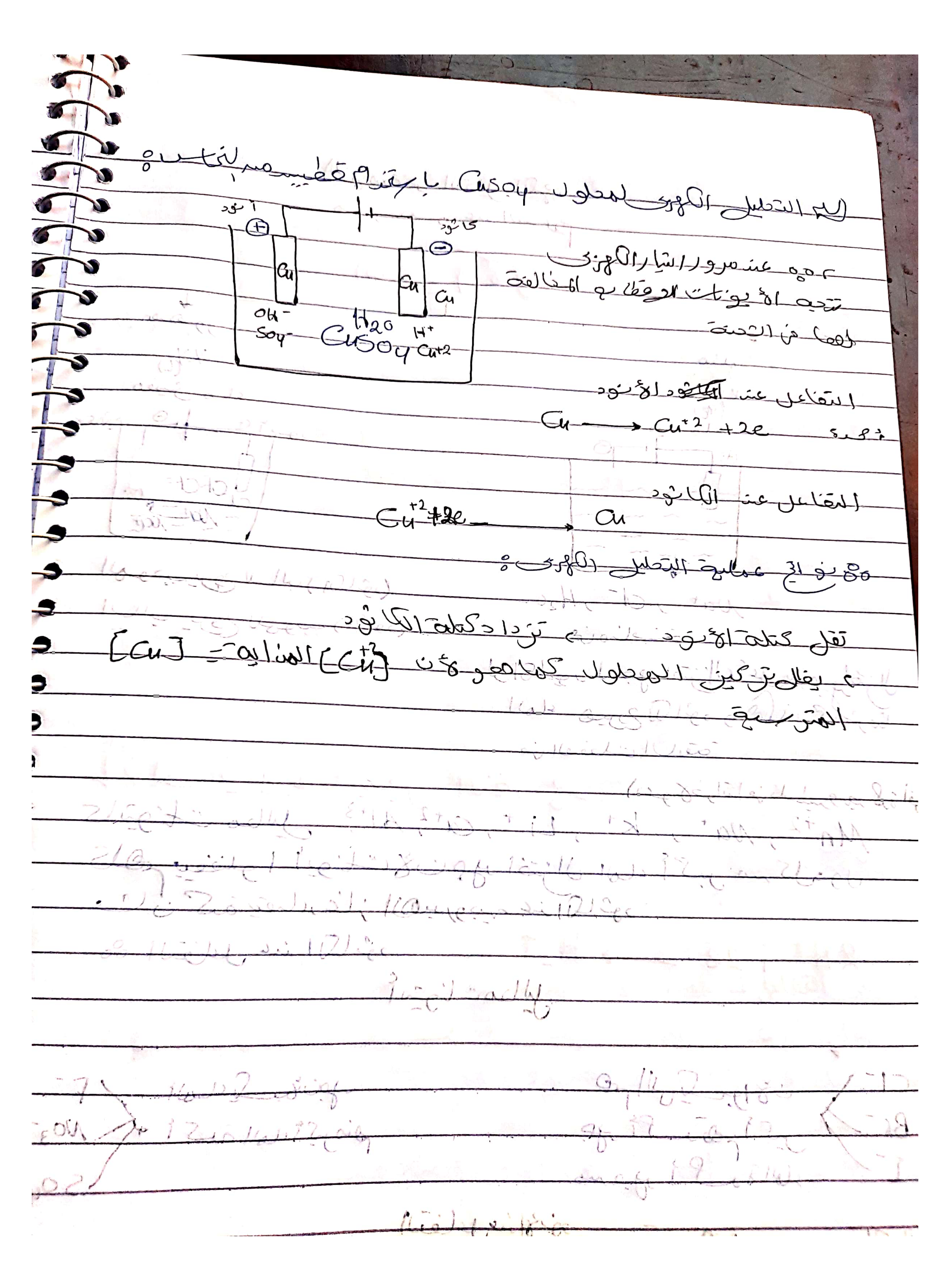
∴ التفاعل غير تلقائي لأن emf بإشارة سالبة

∴ قاعدة ثابتة

اللافلز الأكبر من جهد الاختزال يحل محل أيون اللافلز الأقل منه من جهد الاختزال في محلول أملاحه



الخلاصة من التحليل الكهربي
مستر محمود عبد السلام
التحليل الكهربي
محلول
$XY_{(aq)}$
فيه ماء
منصهور
$XY_{(L)}$
مفيش ماء
أنود
كاثود
Cl
Na^+
Na^+ , Cl^- , H_2O
من منافسة
الموجب يروح للسالب (الكاثود)
السالب يروح للموجب (الأنود)
لو الكاتيون له جهد اختزال أعلى من جهد اختزال الماء هيروح للكاثود وهكذا كما شرحنا من المحاضرات السابقة
إزاي نجيبها بمجرد النظر؟ (دعولنا صغير من قلبكم)
كاتيونات مثل Mn^{+2} , Na^+ , k^+ , Li^+ , Ca^{+2} , Al^{+3}
كلهم بيفضلوا أيونات لأن جهد اختزال الماء أكبر منهم كلهم
عشان كده بيتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود
التفاعل عند الكاثود
$2H^+ + 2\bar{e} \longrightarrow H_2\uparrow$
أنيونات مثل
Cl^-
Br^-
I^-
هم اللي بيكسبوا لأن جهد أكسدتهم أكبر من جهد أكسدة الماء
الماء يكسب لأن جهد أكسدة الماء أكبر منهم
F^-
NO_3^-
SO_4^-
التفاعل عند الأنود
$2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2\bar{e}$
$2Br^- \longrightarrow Br_2\uparrow + 2\bar{e}$
$2I^- \longrightarrow I_2\uparrow + 2\bar{e}$
$2H_2O \longrightarrow O_2\uparrow + 4H^+ + 4\bar{e}$



التحليل الكهربي لمحلول $CuSO_4$ باستخدام أقطاب من النحاس :

س : ماذا يحدث عند مرور التيار الكهربي
تتجه الأيونات إلى الأقطاب المخالفة لها في الشحنة

التفاعل عند ~~الكاثود~~ الأنود

$Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e$ أكسدة

التفاعل عند الكاثود

$Cu^{+2} + 2e \longrightarrow Cu$

س: نواتج عملية التحليل الكهربي :

تقل كتلة الأنود ــــ تزداد كتلة الكاثود

لا يقل تركيز المحلول كما هو لأن $[Cu^{+2}]$ المتأين = $[Cu]$ المترسبة

أفكار كتاب الامتحان مراجعة نهائية
الباب الرابع

فكرة مهمة وبتتكرر كتير
$A + B^{++} \longrightarrow A^{++} + B\downarrow$
الفلز الأكثر نشاطا (جهدا) + أيونات الفلز ← أيونات الفلز الأكثر نشاطا + ذرات الفلز الأقل (جهدا)
من الجهد (ترسيب)

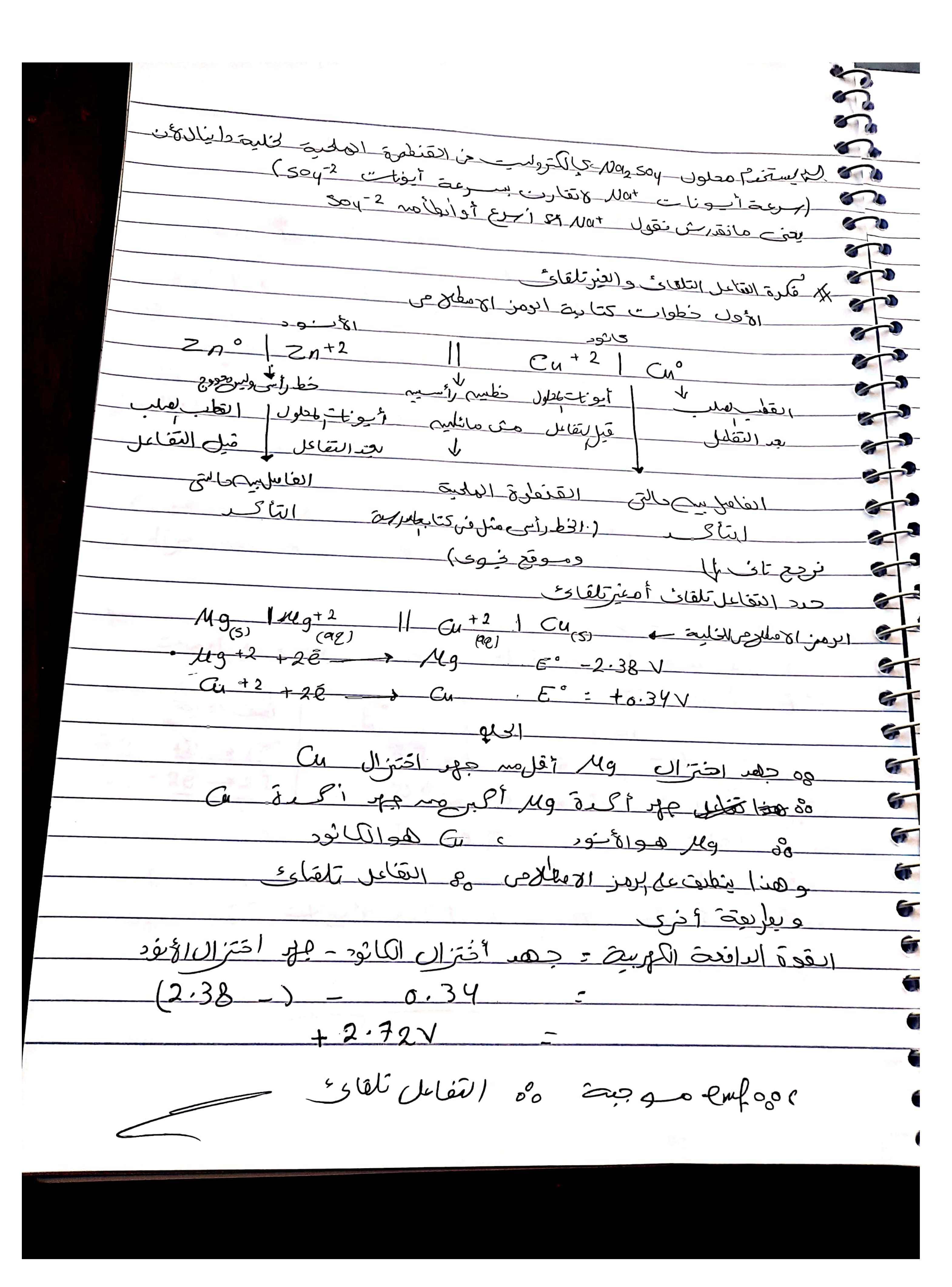
مثال: $Zn^{0} + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu\downarrow$

لازم كمان تقدر تشوفها من فكرة تانية وهي (حفظ الأوعية من المحاليل الأوانى)
مثلا: هل يمكن حفظ محلول $ZnSO_4$ من أوانى من النحاس؟
هنا هنفكر إزاى؟ أول حاجة إيه المادة الصلبة؟ ← Cu
المحلول عبارة عن أيونات Zn^{++}: هل النحاس يقدر يحل محل Zn^{++}
← لا: نقدر نحفظ محلول الخارصين في أواني من النحاس.
$Cu + ZnSO_4 \longrightarrow$ لا يحدث تفاعل

مثال تاني على نفس الفكرة عشان تثبت
هل يمكن حفظ محلول من أيونات الفضة في وعاء من الحديد؟
تسأل نفسك السؤال المهم... هل المادة الصلبة هي الأنشط؟
لو الإجابة بـ Oui يبقى كدة هيحدث تآكل زى ما هيحدث هنا
$Fe + 3AgNO_3 \longrightarrow Fe(NO_3)_3 + 3Ag\downarrow$
حدث تفاعل يبقى مش هنقدر نحفظ المحلول في وعاء حديد

سؤال:
أي من المحاليل الآتية يتحول لونه للأزرق عند إضافة خراطة نحاس إليه
ⓐ $AgNO_3$ ⓑ $Zn(NO_3)_2$ ⓒ $Ba(NO_3)_2$ ⓓ $NaNO_3$

الحل
هنختار الى أقل من النحاس في جهد الأكسدة (اللي النحاس أنشط منها) وبالتالي
الإجابة هتكون أيونات الفضة ←



لم يستخدم محلول Na_2SO_4 كإلكتروليت في القنطرة الملحية لخلية دانيال لأن
(سرعة أيونات Na^+ لا تقارب بسرعة أيونات SO_4^{-2})
يعني ما نقدرش نقول Na^+ أسرع أو أبطأ من SO_4^{-2}

فكرة التفاعل التلقائي والغير تلقائي

الأول خطوات كتابة الرمز الاصطلاحي

الأنود — كاثود

$Zn^0 \mid Zn^{+2} \parallel Cu^{+2} \mid Cu^0$

- القطب الصلب قبل التفاعل
- خط رأسي وليس مزدوج — الفاصل بين حالتي التأكسد
- أيونات المحلول بعد التفاعل
- خطين رأسيين مش مائلين — القنطرة الملحية (الخط رأسي مثل في كتاب المدرسة ومش نحوي)
- أيونات المحلول قبل التفاعل
- الفاصل بين حالتي التأكسد
- القطب الصلب بعد التفاعل

نرجع تاني لـ

حدد التفاعل تلقائي أم غير تلقائي

$Mg_{(s)} \mid Mg^{+2}_{(aq)} \parallel Cu^{+2}_{(aq)} \mid Cu_{(s)}$ ← الرمز الاصطلاحي للخلية

$Mg^{+2} + 2e^- \longrightarrow Mg \quad E^\circ = -2.38\ V$

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu \quad E^\circ = +0.34\ V$

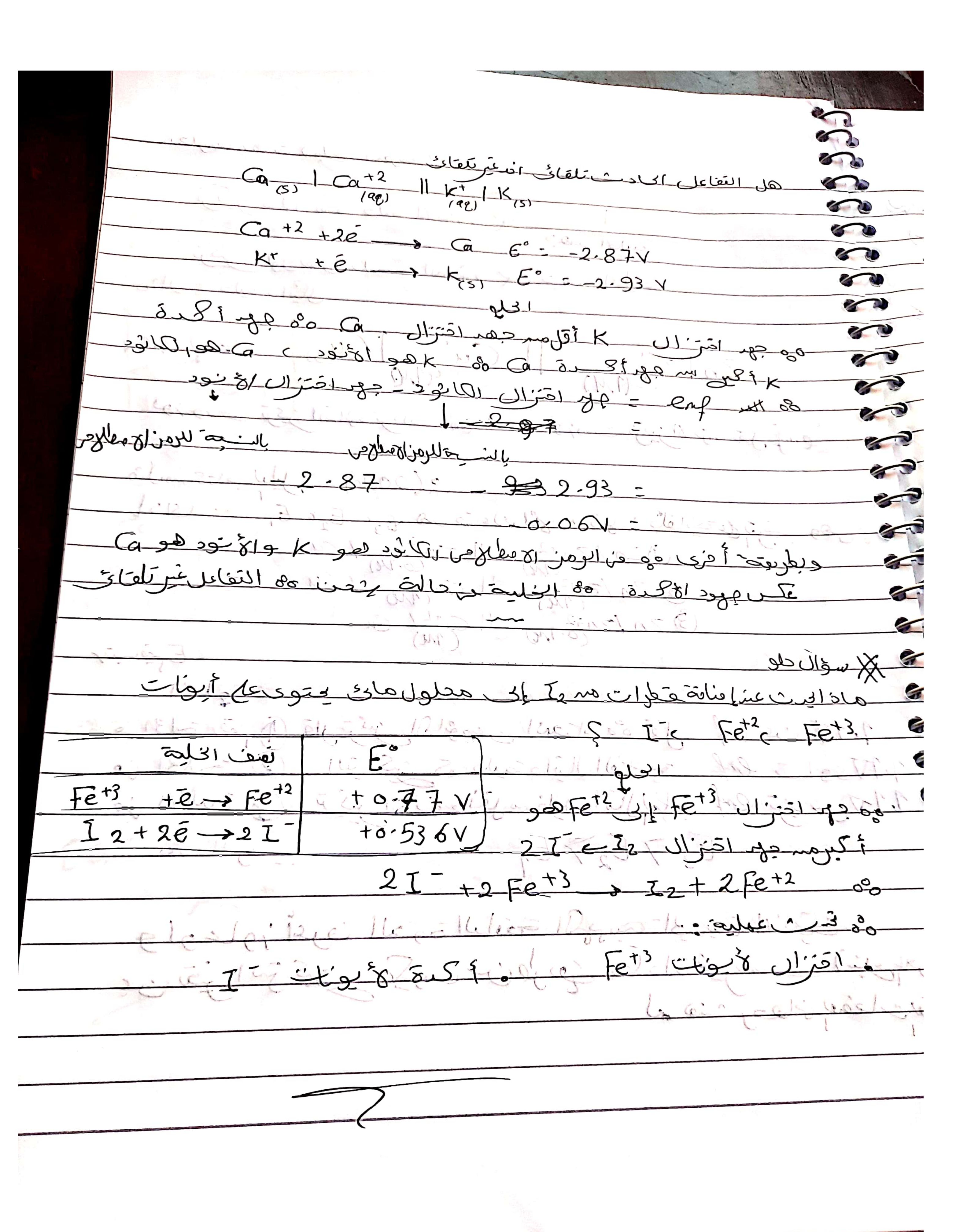
الحل

∵ جهد اختزال Mg أقل من جهد اختزال Cu
∴ ~~هنا تفاعل~~ جهد أكسدة Mg أكبر من جهد أكسدة Cu
∴ Mg هو الأنود ، Cu هو الكاثود
وهنا ينطبق على الرمز الاصطلاحي ∴ التفاعل تلقائي

وبطريقة أخرى

القوة الدافعة الكهربية = جهد اختزال الكاثود - جهد اختزال الأنود
$= 0.34 - (-2.38)$
$= +2.72\ V$

∵ emf موجبة ∴ التفاعل تلقائي



هل التفاعل الحادث تلقائي أم غير تلقائي

$Ca_{(s)} | Ca^{+2}_{(aq)} || K^{+}_{(aq)} | K_{(s)}$

$Ca^{+2} + 2e^- \longrightarrow Ca \quad E^\circ = -2.87V$

$K^+ + e^- \longrightarrow K_{(s)} \quad E^\circ = -2.93V$

الحل

∴ جهد اختزال K أقل من جهد اختزال Ca ∴ جهد أكسدة K أعلى من جهد أكسدة Ca ∴ K هو الأنود ، Ca هو الكاثود

∴ emf = جهد اختزال الكاثود - جهد اختزال الأنود

بالنسبة للرمز الاصطلاحي ↓ بالنسبة للرمز الاصطلاحي

= ~~-2.97~~

= -2.87 - ~~-3.3~~ -2.93

= -0.06V

وبطريقة أخرى ∴ من الرمز الاصطلاحي الكاثود هو K والأنود هو Ca عكس وجود الأكسدة ∴ الخلية في حالة شحن ∴ التفاعل غير تلقائي

سؤال حلو

ماذا يحدث عند إضافة قطرات من I_2 إلى محلول مائي يحتوي على أيونات Fe^{+3} ، Fe^{+2} ، I^- ؟

نصف الخلية	E°
$Fe^{+3} + e^- \rightarrow Fe^{+2}$	+0.77 V
$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	+0.536 V

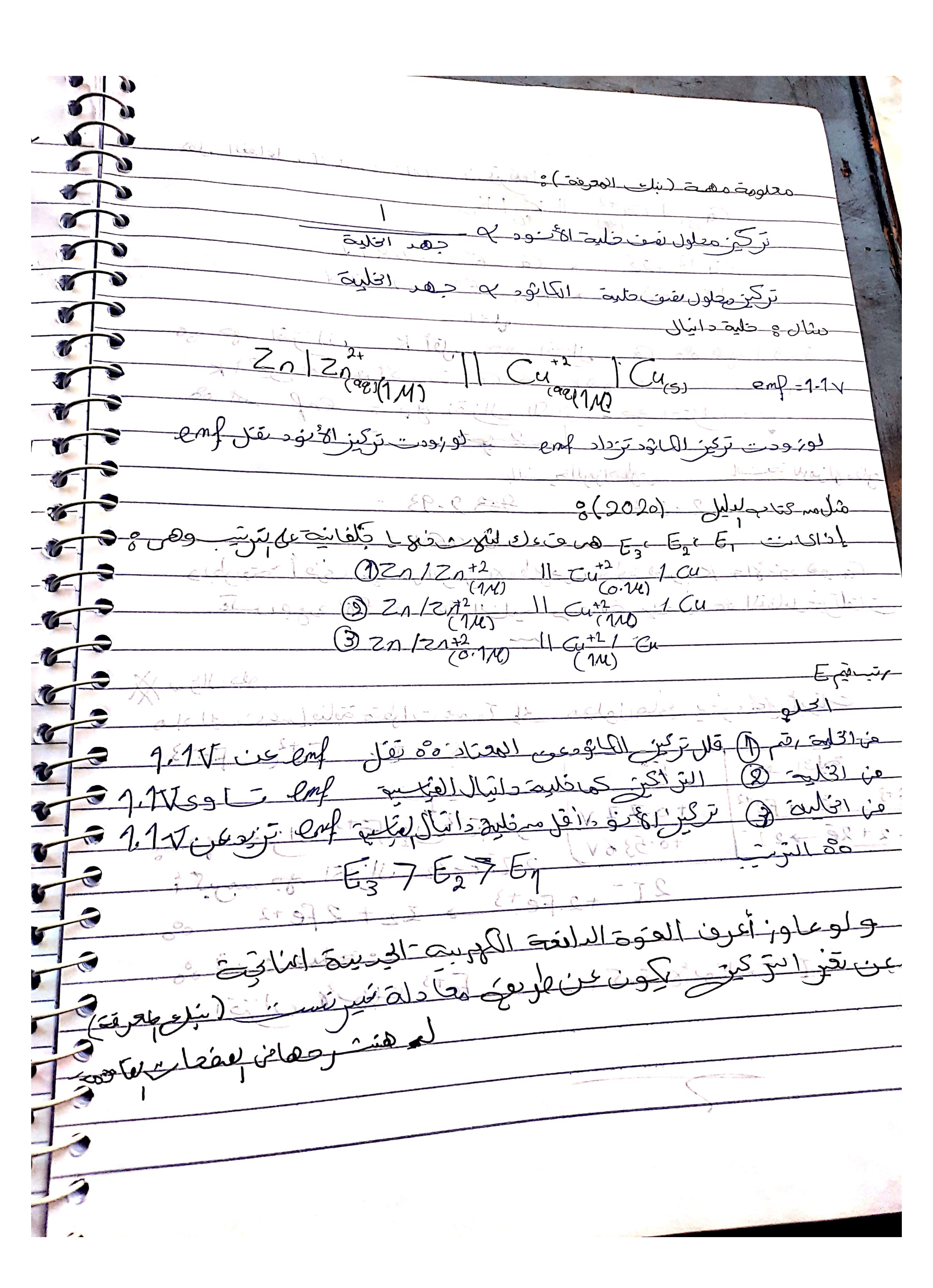
الحل

∴ جهد اختزال Fe^{+3} إلى Fe^{+2} هو أكبر من جهد اختزال $I_2 \leftarrow 2I^-$

∴ $2I^- + 2Fe^{+3} \rightarrow I_2 + 2Fe^{+2}$

∴ تحدث عملية :

• اختزال لأيونات Fe^{+3} ، • أكسدة لأيونات I^-



معلومة مهمة (بنك المعرفة):

$$\text{تركيز محلول نصف خلية الأنود} \propto \frac{1}{\text{جهد الخلية}}$$

$$\text{تركيز محلول نصف خلية الكاثود} \propto \text{جهد الخلية}$$

مثال: خلية دانيال

$$Zn \mid Zn^{2+}_{(aq)(1M)} \parallel Cu^{+2}_{(aq)(1M)} \mid Cu_{(s)} \quad emf = 1.1V$$

لو زودت تركيز الكاثود تزداد emf لو زودت تركيز الأنود تقل emf

مثال من كتاب الدليل (2020):

إذا كانت E_1، E_2، E_3 هي ق.د.ك للخلايا الجلفانية على الترتيب وهي:

1) $Zn / Zn^{+2}_{(1M)} \parallel Cu^{+2}_{(0.1M)} / Cu$

2) $Zn / Zn^{+2}_{(1M)} \parallel Cu^{+2}_{(1M)} / Cu$

3) $Zn / Zn^{+2}_{(0.1M)} \parallel Cu^{+2}_{(1M)} / Cu$

رتب قيم E

الحل

من الخلية رقم (1) قل تركيز الكاثود عن المعتاد إذاً تقل emf عن 1.1V

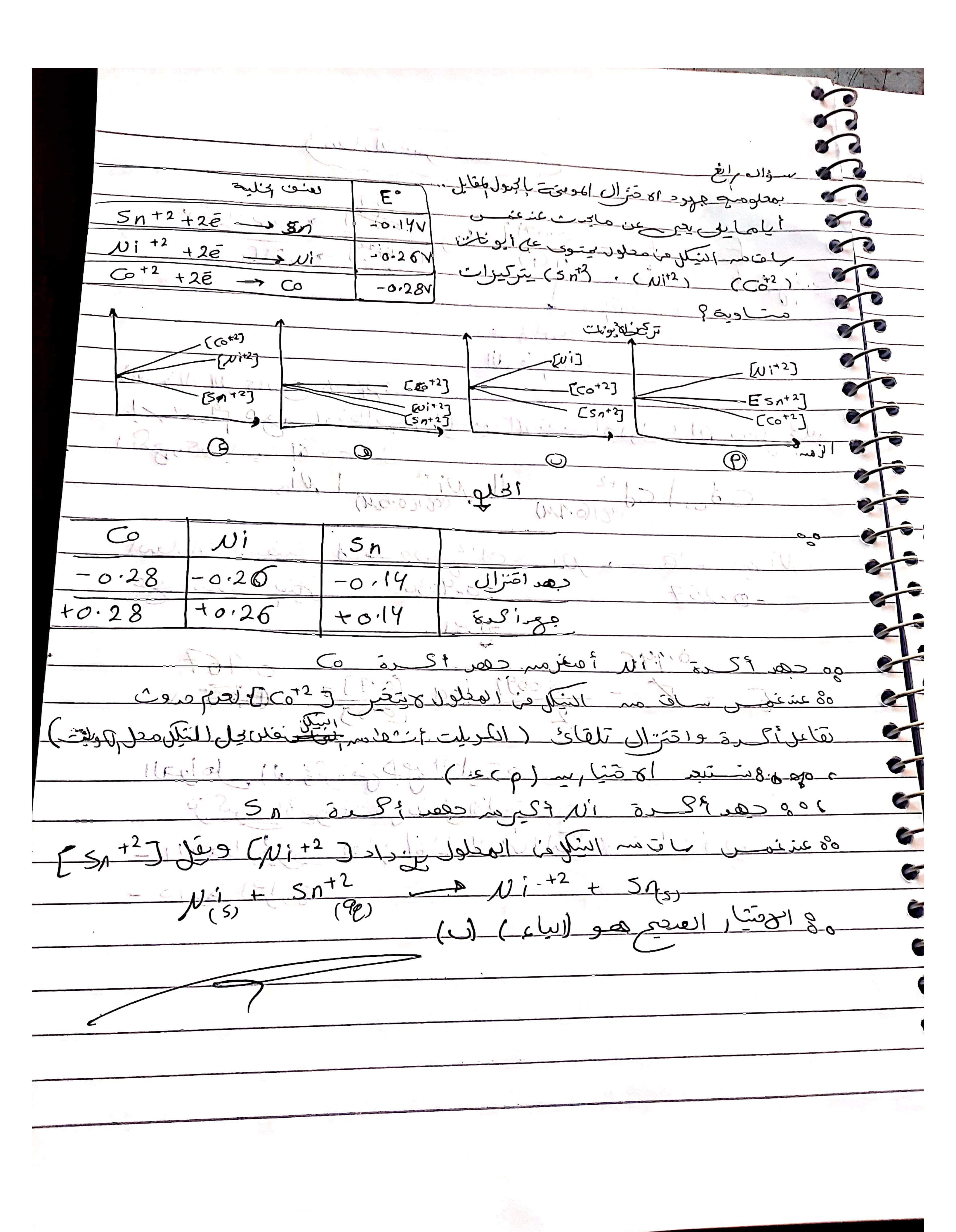
من الخلية (2) التراكيز كما خلية دانيال القياسية emf تساوي 1.1V

من الخلية (3) تركيز الأنود أقل من خلية دانيال القياسية emf تزيد عن 1.1V

إذاً الترتيب

$$E_3 > E_2 > E_1$$

ولو عاوز أعرف القوة الدافعة الكهربية الجديدة الناتجة عن تغير التركيز تكون عن طريق معادلة نيرنست (بنك المعرفة) لم هنشرحها في الصفحات القادمة



سؤال رائع

بمعلومية جهود الاختزال الموضحة بالجدول المقابل..
أي مما يلي يعبر عن ما يحدث عند غمس ساق من النيكل في محلول يحتوي على أيونات (Co^{+2}) ، (Ni^{+2}) ، (Sn^{+2}) بتركيزات متساوية؟

نصف الخلية	E°
$Sn^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Sn$	-0.14V
$Ni^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Ni$	-0.26V
$Co^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow Co$	-0.28V

الحل

	Sn	Ni	Co
جهد اختزال	-0.14	-0.26	-0.28
جهد أكسدة	+0.14	+0.26	+0.28

∴ جهد أكسدة Ni أصغر من جهد أكسدة Co

∴ عند غمس ساق من النيكل في المحلول لا يتغير $[Co^{+2}]$ لعدم حدوث تفاعل أكسدة واختزال تلقائي (الكوبلت أنشط من النيكل فلا يحل النيكل محل الكوبلت)

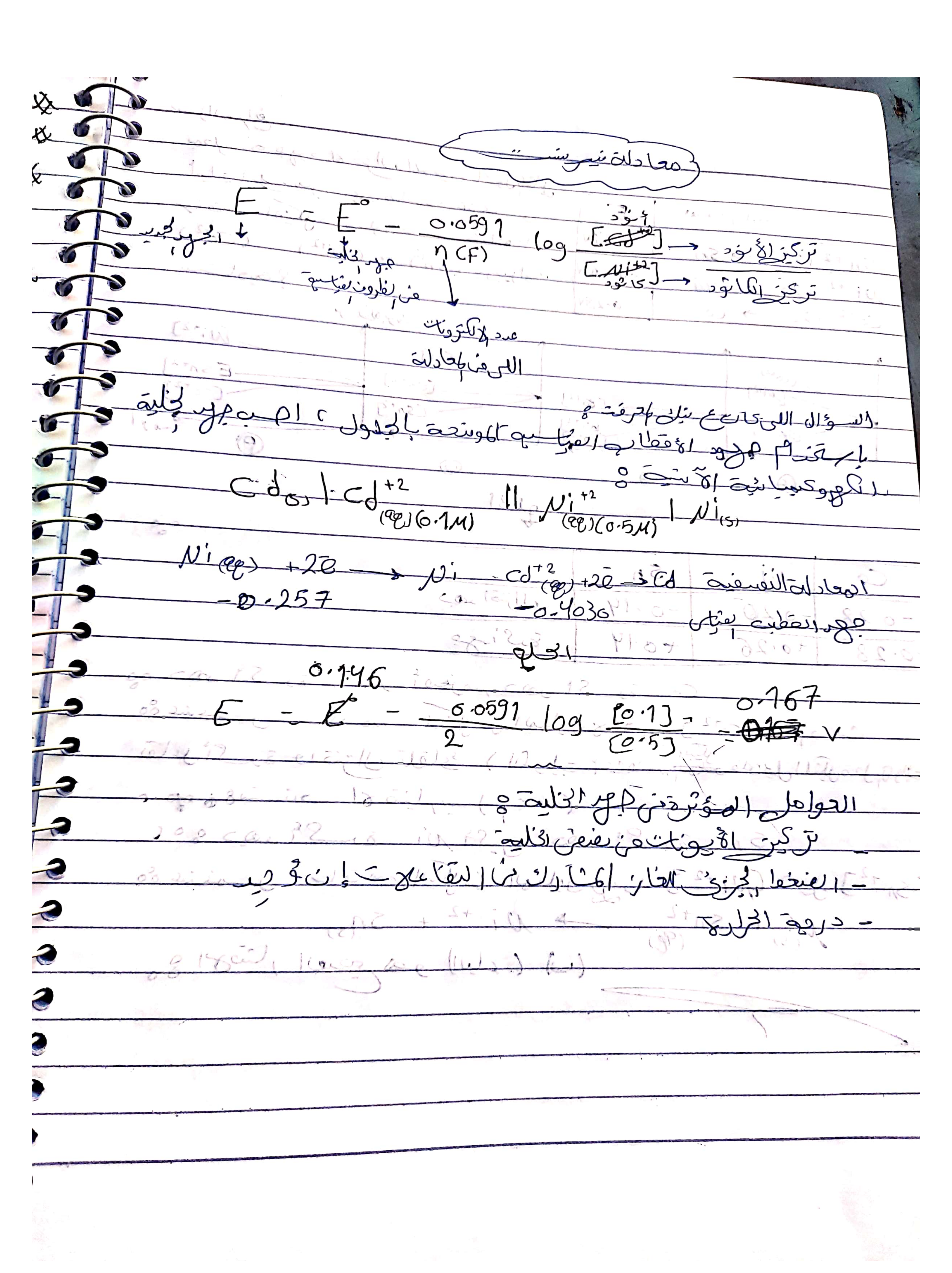
∴ نستبعد الاختيارين (أ ، ج)

∴ جهد أكسدة Ni أكبر من جهد أكسدة Sn

∴ عند غمس ساق من النيكل في المحلول يزداد $[Ni^{+2}]$ ويقل $[Sn^{+2}]$

$$Ni_{(s)} + Sn^{+2}_{(aq)} \rightarrow Ni^{+2} + Sn_{(s)}$$

∴ الاختيار الصحيح هو الباء (ب)



معادلة نيرنست

$$E = E^{\circ} - \frac{0.0591}{n\,(F)} \log \frac{[\text{أنود}]}{[\text{كاثود}]}$$

- E ← الجهد الجديد
- E° ← جهد الخلية في الظروف القياسية
- n ← عدد الإلكترونات التي في المعادلة
- [أنود] ← تركيز الأنود
- [كاثود] ← تركيز الكاثود

السؤال التي تأتي على شكل الجدول: احسب جهد الخلية باستخدام جهود الأقطاب القياسية الموضحة بالجدول للخلية الكهروكيميائية الآتية:

$$Cd_{(s)} \mid Cd^{+2}_{(aq)(0.1M)} \parallel Ni^{+2}_{(aq)(0.5M)} \mid Ni_{(s)}$$

المعادلات النصفية:

$Ni_{(aq)} + 2e \rightarrow Ni$ $\quad -0.257$

$Cd^{+2}_{(aq)} + 2e \rightleftharpoons Cd$ $\quad -0.4030$

جهد القطب القياسي

الحل:

$E^{\circ} = 0.146$

$$E = E^{\circ} - \frac{0.0591}{2} \log \frac{[0.1]}{[0.5]} = 0.167\ V$$

العوامل المؤثرة في جهد الخلية:
- تركيز الأيونات في نصف الخلية
- الضغط الجزئي للغاز المشارك في التفاعلات إن وجد
- درجة الحرارة

% ملحوظة كل خلايا الوقود والجلفانية الرصاص الحامضية يصبح فرق الجهد بين القطبين : zero

% عند التفريغ التام لبطارية الرصاص يتفاعل مع حمض H_2SO_4

% أكسيد الرصاص مع الرياضي من مركم الرصاص (مركبات الرصاص شحيحة الذوبان في الماء)

و~~لا يتفاعل مع~~ ولا يذوب في الماء

% في بطارية الرصاص الحامضية : عند التفريغ التام لبطارية الرصاص الحامضية

يصبح فرق الجهد = zero ، لماذا؟

الحل

عند التفريغ التام لبطارية الرصاص الحامضية :

تتحول مادة الأنود (الرصاص) إلى كبريتات رصاص II

$$Pb^0 + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_{4(s)} + 2\bar{e}$$

تتحول مادة الكاثود (أكسيد الرصاص IV) إلى كبريتات الرصاص II

~~$PbSO_4$~~ $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2\bar{e} \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

∴ قطبي بطارية الرصاص في هذه الحالة سوف يكونا مادة واحدة هي $PbSO_4$

∴ سيكون فرق الجهد بينهما يساوي zero

إذا افترضنا وجود $2x$ mol من $PbSO_4$ في بطارية الرصاص الحامضية

ما التفاعل الذي يحدث لعدد x mol منها عند شحن البطارية

الحل

معادلات الشحن والتفريغ في بطارية الرصاص الحامضية

$$2H_2SO_4 \longrightarrow 4H^+ + 2SO_4^{-2}$$

عند الأنود (−)

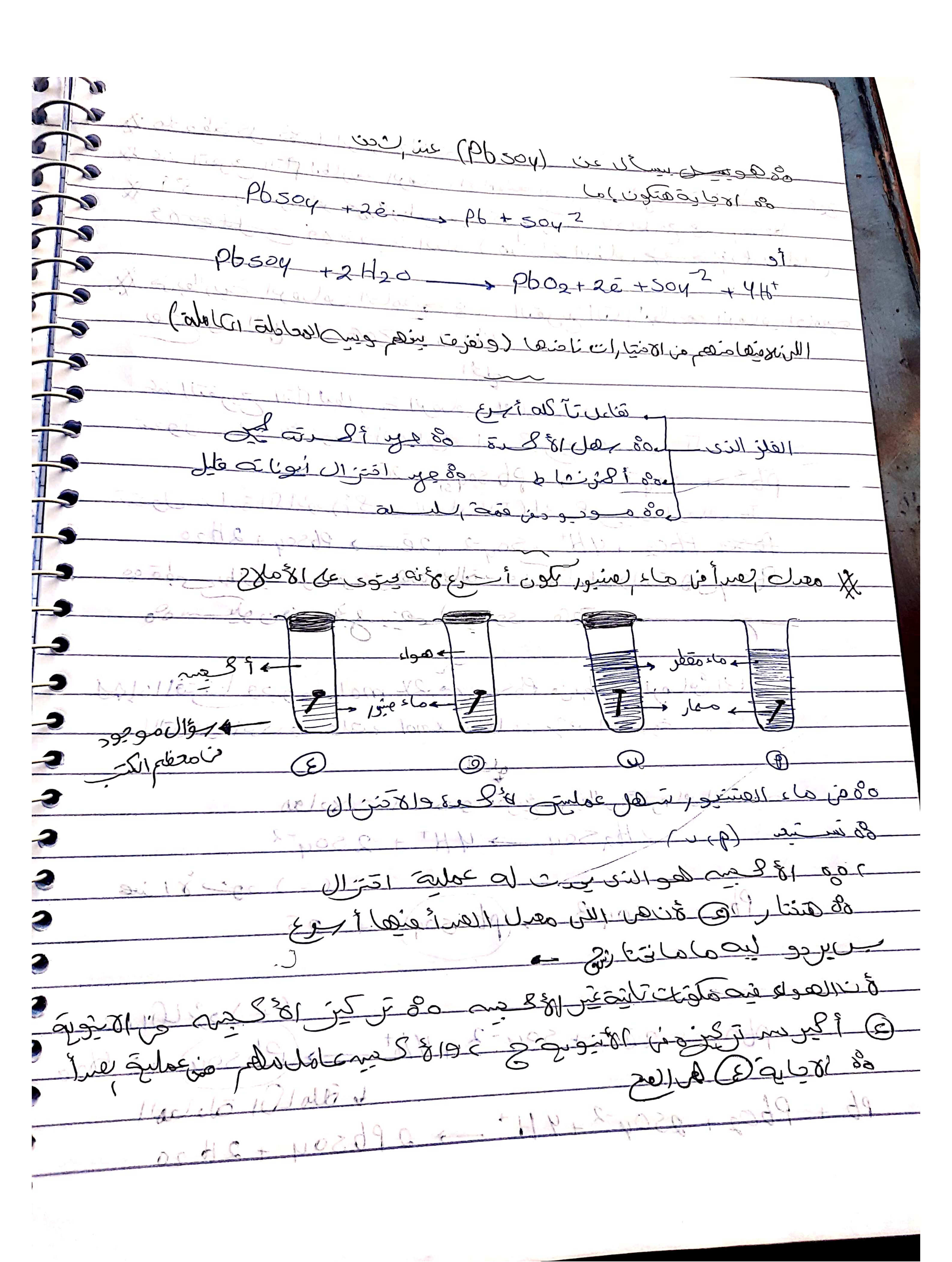
$$Pb + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_4 + 2\bar{e}$$

عند الكاثود (+)

$$PbO_2 + 2\bar{e} + SO_4^{-2} + 4H^+ \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

المعادلة الكاملة

$$Pb + PbO_2 + 2SO_4^{-2} + 4H^+ \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$



ءه هو بيسأل عن $(PbSO_4)$ عند الشحن

ءه الاجابة هتكون إما

$$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{-2}$$

أو

$$PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 2e^- + SO_4^{-2} + 4H^+$$

اللي لا فيها منهم من الاختيارات ناخدها (ونفرق بينهم وبين المعادلة الكاملة)

القلز الذي:
- تفاعل تآكله أسرع
- ءه سهل الأكسدة ءه جهد أكسدته عالي
- ءه أكثر نشاط ءه جهد اختزال أيوناته قليل
- ءه موجود في قمة السلسلة

معدل الصدأ في ماء الصنبور يكون أسرع لأنه يحتوي على الأملاح

ءه في ماء الصنبور تسهل عمليتي الأكسدة والاختزال

ءه نستبعد (أ، ب)

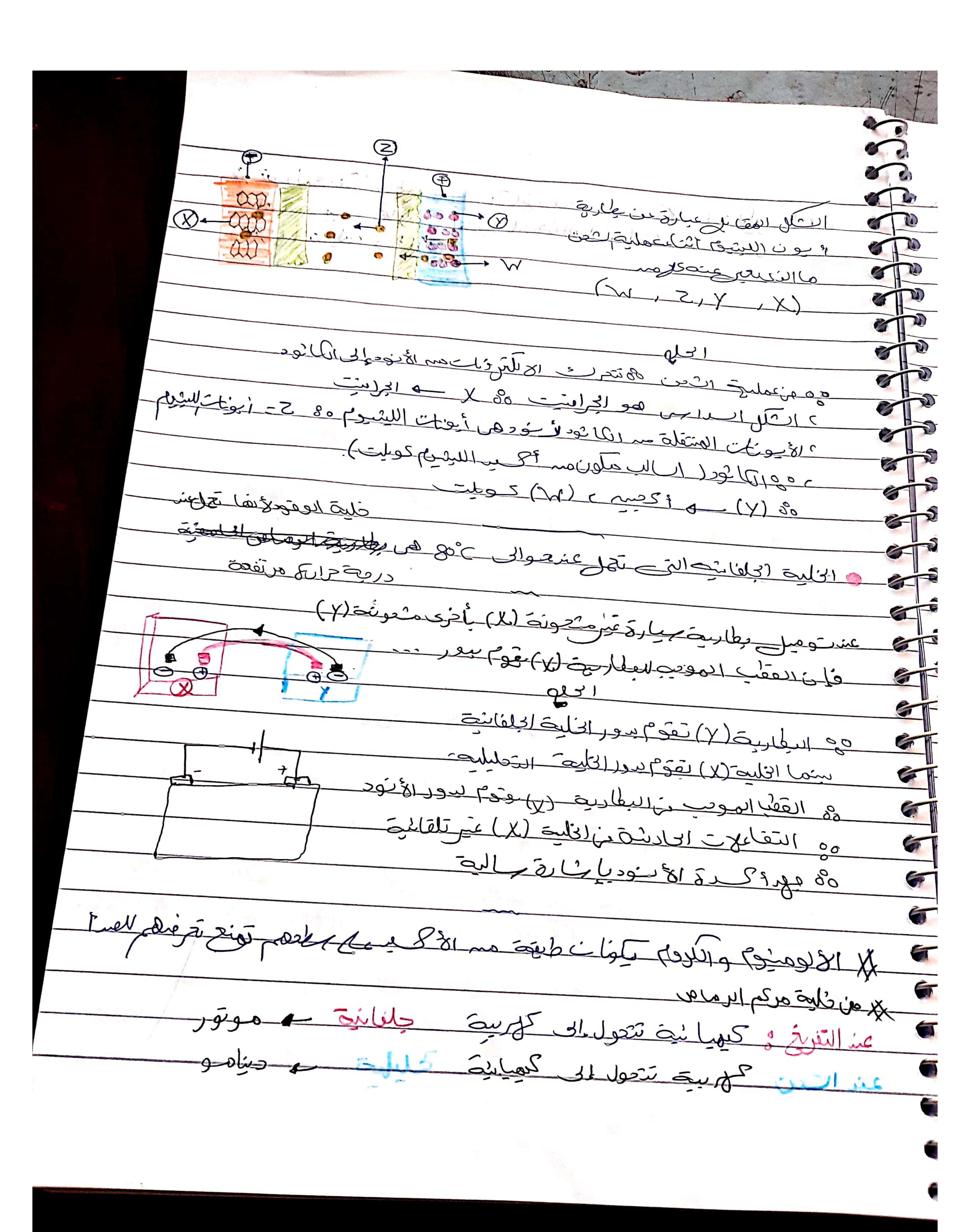
ءه الأكسجين هو الذي يحدث له عملية اختزال

ءه هنختار (د) لأنها اللي معدل الصدأ فيها أسرع

بس يرد ليه ما اختارناش (ج) ←

لأن الهواء فيه مكونات تانية غير الأكسجين ءه تركيز الأكسجين في (د) أكبر من تركيز الأكسجين في (ج) والأكسجين عامل مهم في عملية الصدأ

ءه الإجابة (د) هي الصح



الشكل المقابل عبارة عن بطارية أيون الليثيوم أثناء عملية الشحن
ما الذي يعبر عنه كل من
(X ، Y ، Z ، W)

الحل

- في عملية الشحن تتحرك الالكترونات من الأنود إلى الكاثود
- الشكل السداسي هو الجرافيت X ← الجرافيت
- الأيونات المتنقلة من الكاثود إلى الأنود هي أيونات الليثيوم Z = أيونات الليثيوم
- الكاثود (السالب) مكون من أكسيد الليثيوم كوبلت.
- (Y) ← أكسيد (W) كوبلت

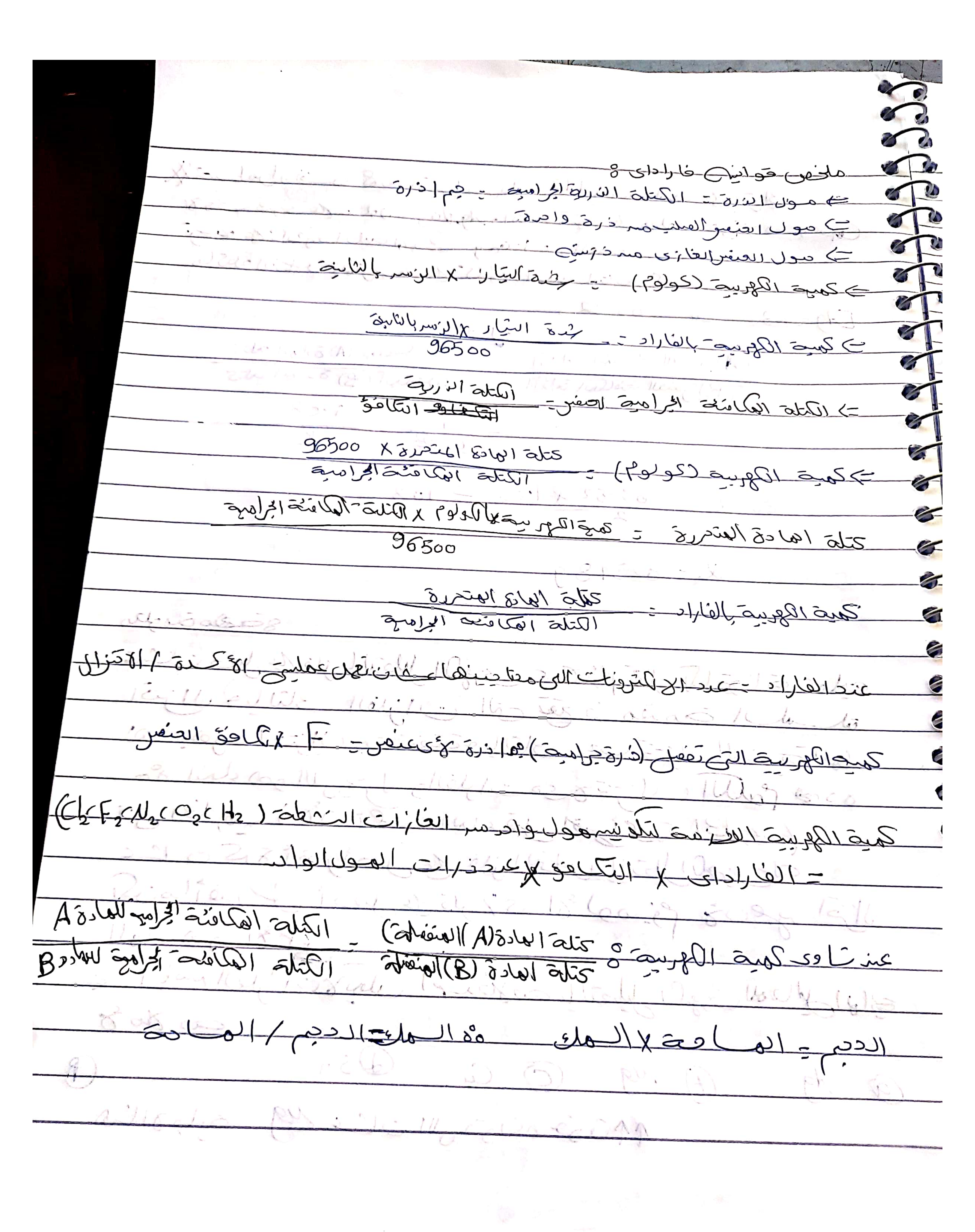
- الخلية الجلفانية التي تعمل عند حوالي 80°C هي ~~بطارية الزئبق الحامضية~~ خلية الوقود لأنها تعمل عند درجة حرارة مرتفعة

عند توصيل بطارية سيارة غير مشحونة (X) بأخرى مشحونة (Y) فإن القطب الموجب للبطارية (Y) يقوم بدور ....

الحل

- البطارية (Y) تقوم بدور الخلية الجلفانية
بينما الخلية (X) تقوم بدور الخلية التحليلية
- القطب الموجب من البطارية (Y) يقوم بدور الأنود
- التفاعلات الحادثة في الخلية (X) غير تلقائية
- يحدث أكسدة الأنود بإشارة سالبة

* الألومنيوم والكروم يكونان طبقة من الأكسيد تحميهم تمنع تعرضهم للصدأ
* من خلية مركم الرصاص
عند التفريغ: كيميائية تتحول إلى كهربية جلفانية ← موتور
عند الشحن: كهربية تتحول إلى كيميائية تحليلية ← دينامو



ملخص قوانين فاراداي :

⇐ مول الذرة = الكتلة الذرية الجرامية = جم ذرة

⇐ مول العنصر الصلب = ذرة واحدة

⇐ مول العنصر الغازي = ذرتين

⇐ كمية الكهربية (كولوم) = شدة التيار × الزمن بالثانية

⇐ كمية الكهربية بالفاراد = $\frac{\text{شدة التيار} \times \text{الزمن بالثانية}}{96500}$

⇐ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر = $\frac{\text{الكتلة الذرية}}{\text{التكافؤ}}$

⇐ كمية الكهربية (كولوم) = $\frac{\text{كتلة المادة المترسبة} \times 96500}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}}$

كتلة المادة المترسبة = $\frac{\text{كمية الكهربية بالكولوم} \times \text{الكتلة المكافئة الجرامية}}{96500}$

كمية الكهربية بالفاراد = $\frac{\text{كتلة المادة المترسبة}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية}}$

عدد الفاراد = عدد الإلكترونات التي محتاجينها عشان تعمل عملية الأكسدة / الاختزال

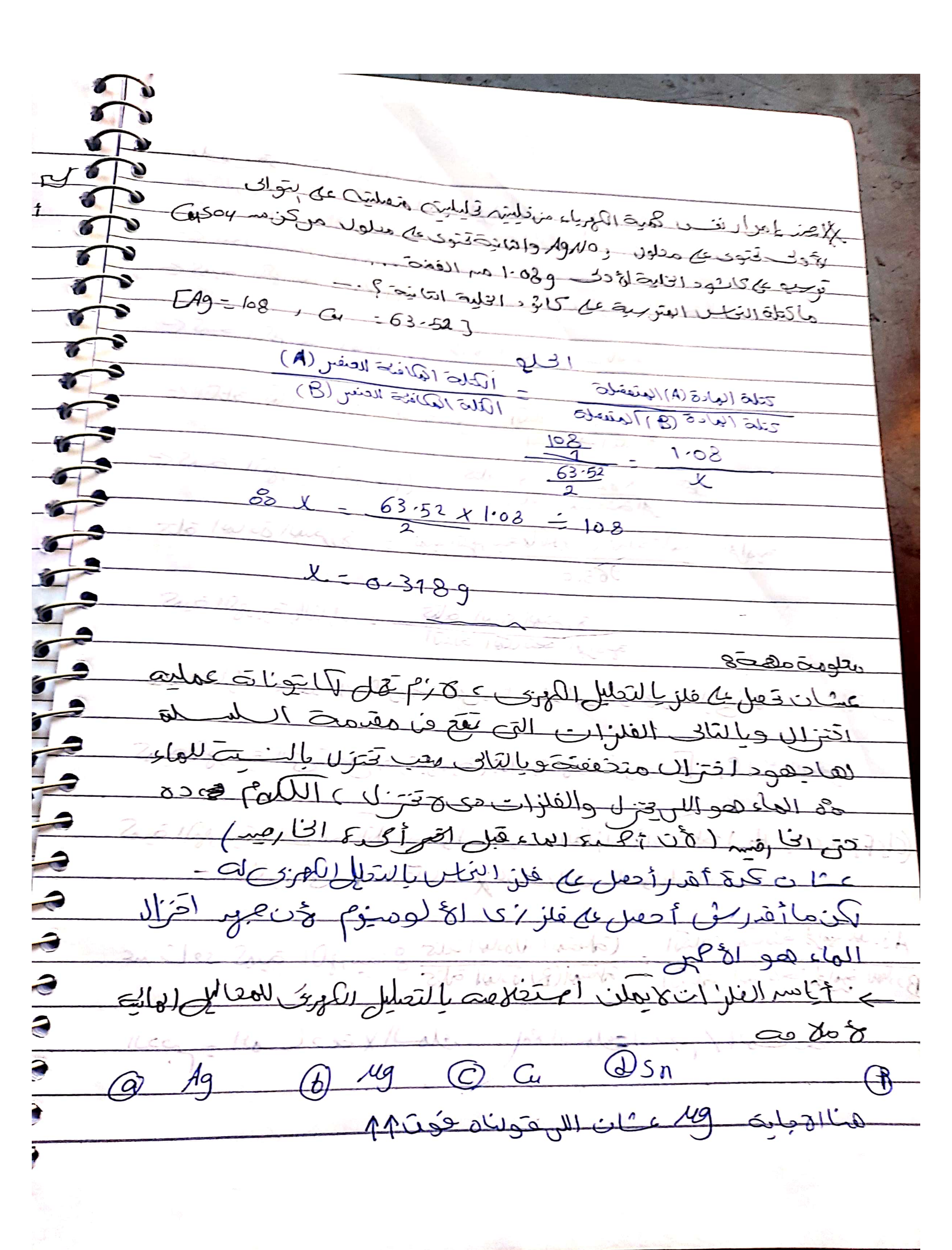
كمية الكهربية التي تفصل (ذرة جرامية) جم ذرة لأي عنصر = F × تكافؤ العنصر

كمية الكهربية اللازمة لتكوين مول واحد من الغازات النشطة (Cl_2, F_2, N_2, O_2, H_2)

= الفاراداي × التكافؤ × عدد ذرات المول الواحد

عند تساوي كمية الكهربية : $\frac{\text{كتلة المادة (A) المنفصلة}}{\text{كتلة المادة (B) المنفصلة}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للمادة A}}{\text{الكتلة المكافئة الجرامية للمادة B}}$

الحجم = المساحة × السمك ∴ السمك = الحجم / المساحة



* الأسئلة: إمرار نفس كمية الكهرباء من خليتين تحليليتين متصلتين على التوالي الأولى تحتوي على محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ والثانية تحتوي على محلول $AgNO_3$ فترسب على كاثود الخلية الثانية 1.08g من الفضة ..
ما كتلة النحاس المترسبة على كاثود الخلية الثانية؟ ..

$[Ag = 108 \ , \ Cu = 63.52]$

الحل

$$\frac{\text{كتلة المادة (A) المتصاعدة}}{\text{كتلة المادة (B) المتصاعدة}} = \frac{\text{الكتلة المكافئة للعنصر (A)}}{\text{الكتلة المكافئة للعنصر (B)}}$$

$$\frac{1.08}{x} = \frac{\frac{108}{1}}{\frac{63.52}{2}}$$

$$\therefore x = \frac{63.52 \times 1.08}{2} \div 108$$

$$x = 0.318 \, g$$

معلومة مهمة:
عشان تحصل على فلز بالتحليل الكهربي لازم تحصل للكاتيونات عملية اختزال وبالتالي الفلزات التي تقع في مقدمة السلسلة لها جهود اختزال منخفضة وبالتالي صعب تختزل بالنسبة للماء فالماء هو اللي يختزل والفلزات دي لا تختزل، الكلام ده حتى الخارصين (لأن أيون الماء قبل الخارصين)
عشان كده أقدر أحصل على فلز النحاس بالتحليل الكهربي له لكن ما أقدرش أحصل على فلز زي الألومنيوم لأن جهد اختزال الماء هو الأكبر.

← أي من الفلزات لا يمكن استخلاصه بالتحليل الكهربي لمحاليله المائية؟

Ⓐ Ag Ⓑ Mg Ⓒ Cu Ⓓ Sn

هنا الإجابة Mg عشان اللي قولناه فوق ↑↑

العنصر	الكتلة الذرية الجرامية للعنصر	الكتلة المترسبة من العنصر بالكاثود
X	7 g	2.1 g
Y	27 g	2.7 g
Z	64 g	9.6 g

سؤال على ما سبق:
أمررت نفس كمية الكهربية من ثلاث خلايا تحليلية تحتوي على محاليل مختلفة لأملاح الفلزات (X) ، (Y) ، (Z) من الجدول المقابل: اختر الاختيار الصحيح عن تكافؤات هذه الفلزات

الاختيارات	a	b	c	d
X	3	1	3	1
Y	1	3	1	3
Z	2	2	3	3

الحل

∴ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر (التكافؤ)}}$

∴ $\frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (X)} \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (X)}} = \frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (Y)} \times \text{تكافؤ العنصر (Y)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (Y)}}$

∴ $\frac{2.1 \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{7} = \frac{2.7 \times \text{تكافؤ العنصر (Y)}}{27}$

∴ $\frac{\text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{تكافؤ العنصر (Y)}} = \frac{7 \times 2.7}{27 \times 2.1} = \frac{1}{3}$

∴ تكافؤ العنصر (X) = 1 ، تكافؤ العنصر (Y) = 3

نستبعد (a) ، (c)

∴ $\frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (X)} \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (X)}} = \frac{\text{كتلة العنصر (Z)} \times \text{تكافؤ (Z)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (Z)}}$

∴ $\frac{1 \times 2.1}{7} = \frac{9.6 \times \text{تكافؤ العنصر Z}}{64}$

∴ تكافؤ العنصر Z = $\frac{1 \times 2.1 \times 64}{9.6 \times 7} = 2$

∴ الاختيار الصحيح هو (b)

سؤال على فاراداي 8

أمرت نفس كمية الكهربية خلال ثلاث خلايا تحليلية تحتوي على محاليل مختلفة لأملاح الفلزات (X)، (Y)، (Z) من الجدول المقابل، اختار الاختيار الصحيح عن تكافؤات هذه الفلزات

العنصر	الكتلة الذرية الجرامية للعنصر	الكتلة المترسبة من العنصر عند الكاثود
X	7 g	2.1 g
Y	27 g	2.7 g
Z	64 g	9.6 g

الاختيارات	a	b	c	d
X	3	1	3	1
Y	1	3	1	3
Z	2	2	3	3

الحل

∴ الكتلة المكافئة الجرامية للعنصر (g) = $\frac{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر}}{\text{عدد تأكسد أيون العنصر (التكافؤ)}}$

∴ $\frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (X)} \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (X)}} = \frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (Y)} \times \text{تكافؤ العنصر (Y)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (Y)}}$

∴ $\frac{2.1 \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{7} = \frac{2.7 \times \text{تكافؤ العنصر (Y)}}{27}$

∴ $\frac{\text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{تكافؤ العنصر (Y)}} = \frac{7 \times 2.7}{27 \times 2.1} = \frac{1}{3}$

∴ تكافؤ العنصر (X) = 1 ، تكافؤ العنصر (Y) = 3

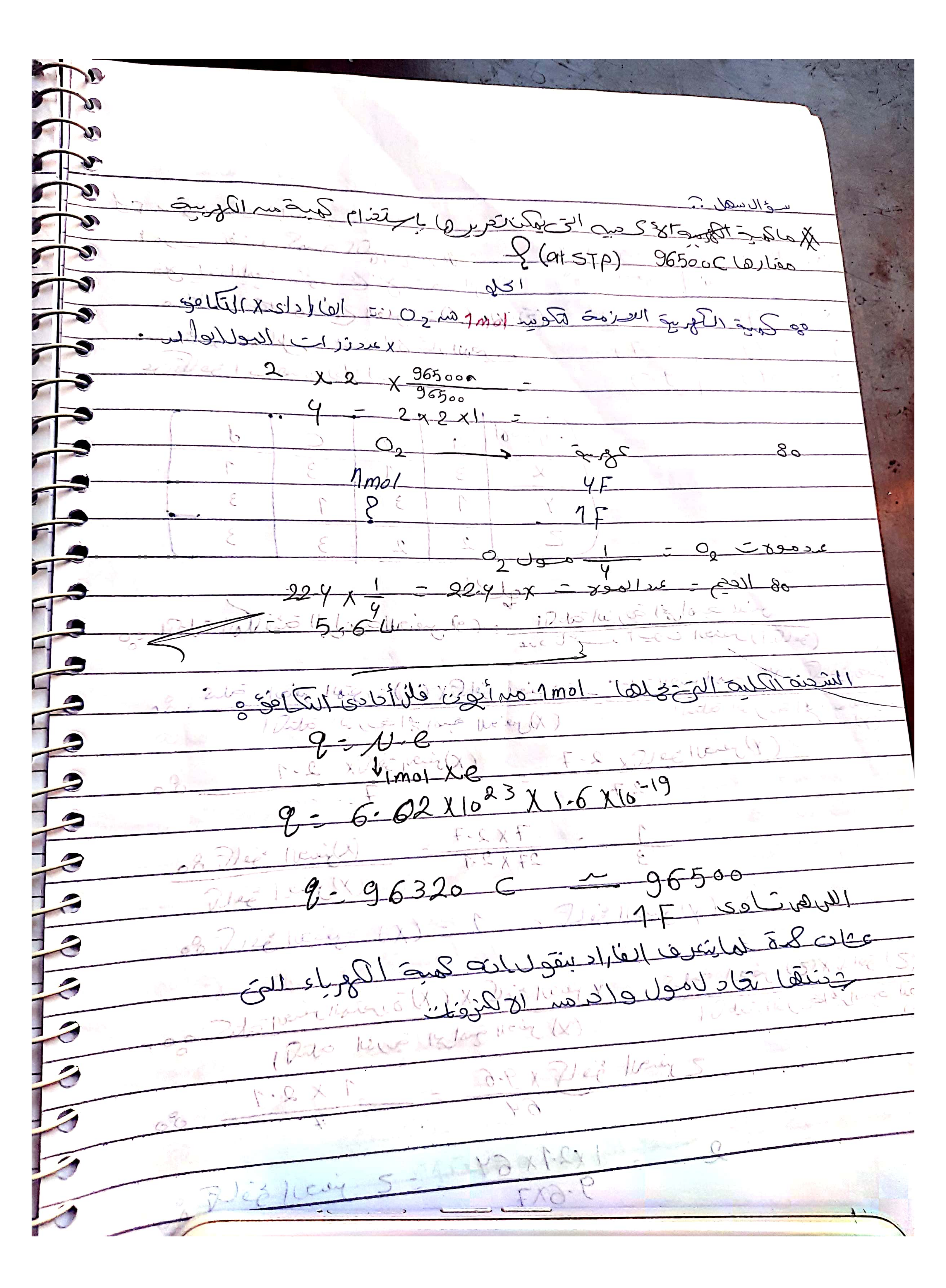
نستبعد (a) ، (c)

∴ $\frac{\text{كتلة العنصر المترسبة (X)} \times \text{تكافؤ العنصر (X)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (X)}} = \frac{\text{كتلة العنصر (Z)} \times \text{تكافؤ (Z)}}{\text{الكتلة الذرية الجرامية للعنصر (Z)}}$

∴ $\frac{1 \times 2.1}{7} = \frac{9.6 \times \text{تكافؤ العنصر Z}}{64}$

∴ تكافؤ العنصر Z = $\frac{1 \times 2.1 \times 64}{9.6 \times 7} = 2$

∴ الاختيار الصحيح هو (b)



سؤال سهل :

* ما كمية الكهرباء التي يمكن تعريفها باستخدام كمية من الكهربية مقدارها 96500C ؟ (at STP)

الحل

ºº كمية الكهربية اللازمة لتكوين 1mol من O_2 = الفاراداى × التكافؤ × عدد ذرات المول الواحد .

$$2 \times 2 \times \frac{965000}{96500} =$$

$$\therefore 4 = 2 \times 2 \times 1 =$$

ºº $O_2 \longrightarrow$ كهربية

1mol — 4F

? — 1F

عدد مولات O_2 = $\frac{1}{4}$ مول O_2

ºº الحجم = عدد المول × 22.4 = $22.4 \times \frac{1}{4}$

$= 5.6$ L

الشحنة الكلية التي يحملها 1mol من أيونات فلز أحادي التكافؤ :

$q = N \cdot e$

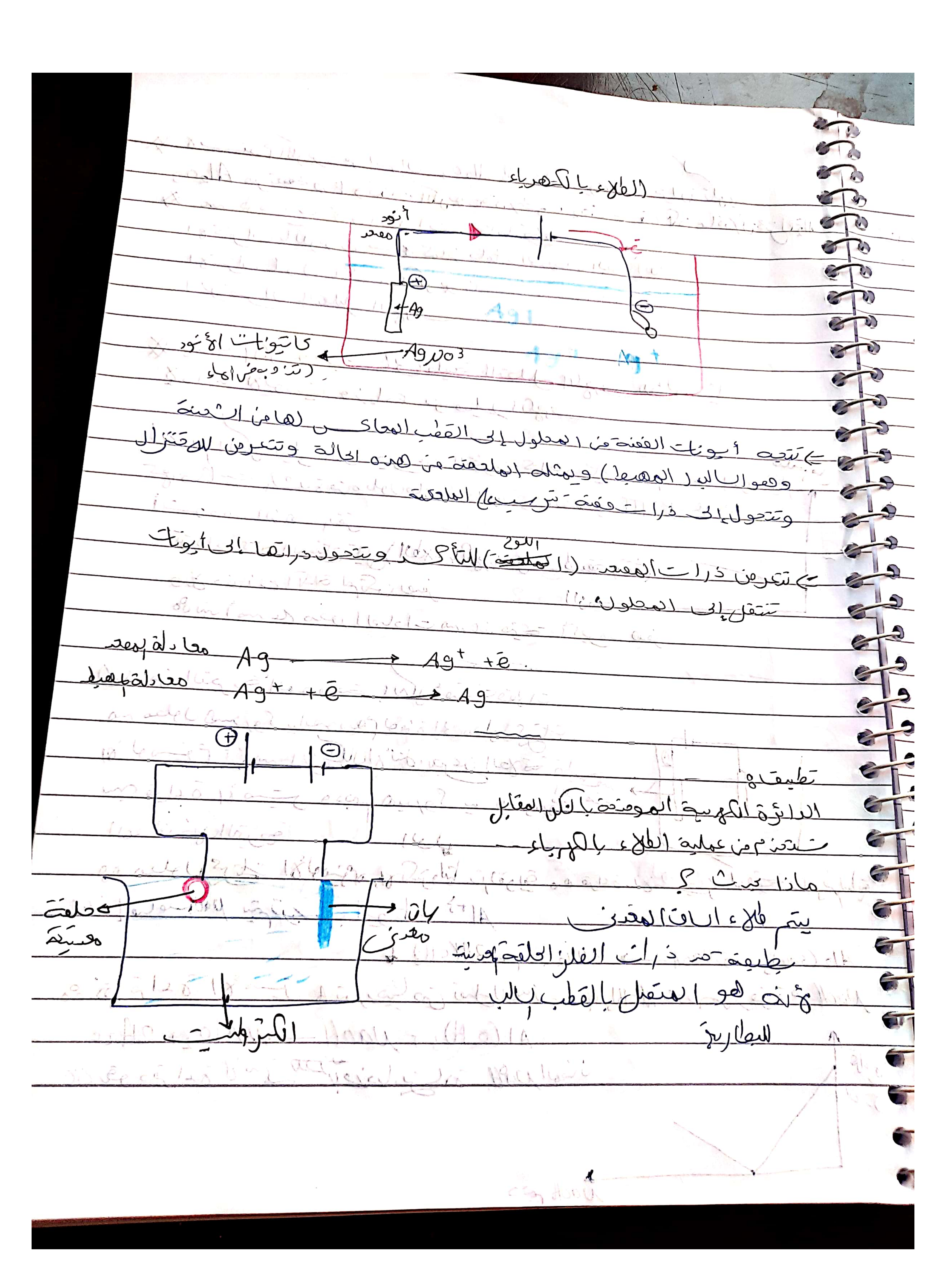
↓ 1mol × e

$q = 6.02 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19}$

$q = 96320$ C $\simeq 96500$

التي هي تساوي 1F

عشان كدة لما بيعرف الفاراداى بيقول إنه كمية الكهرباء التي يحتاجها مول واحد من الالكترونات.



الطلاء بالكهرباء

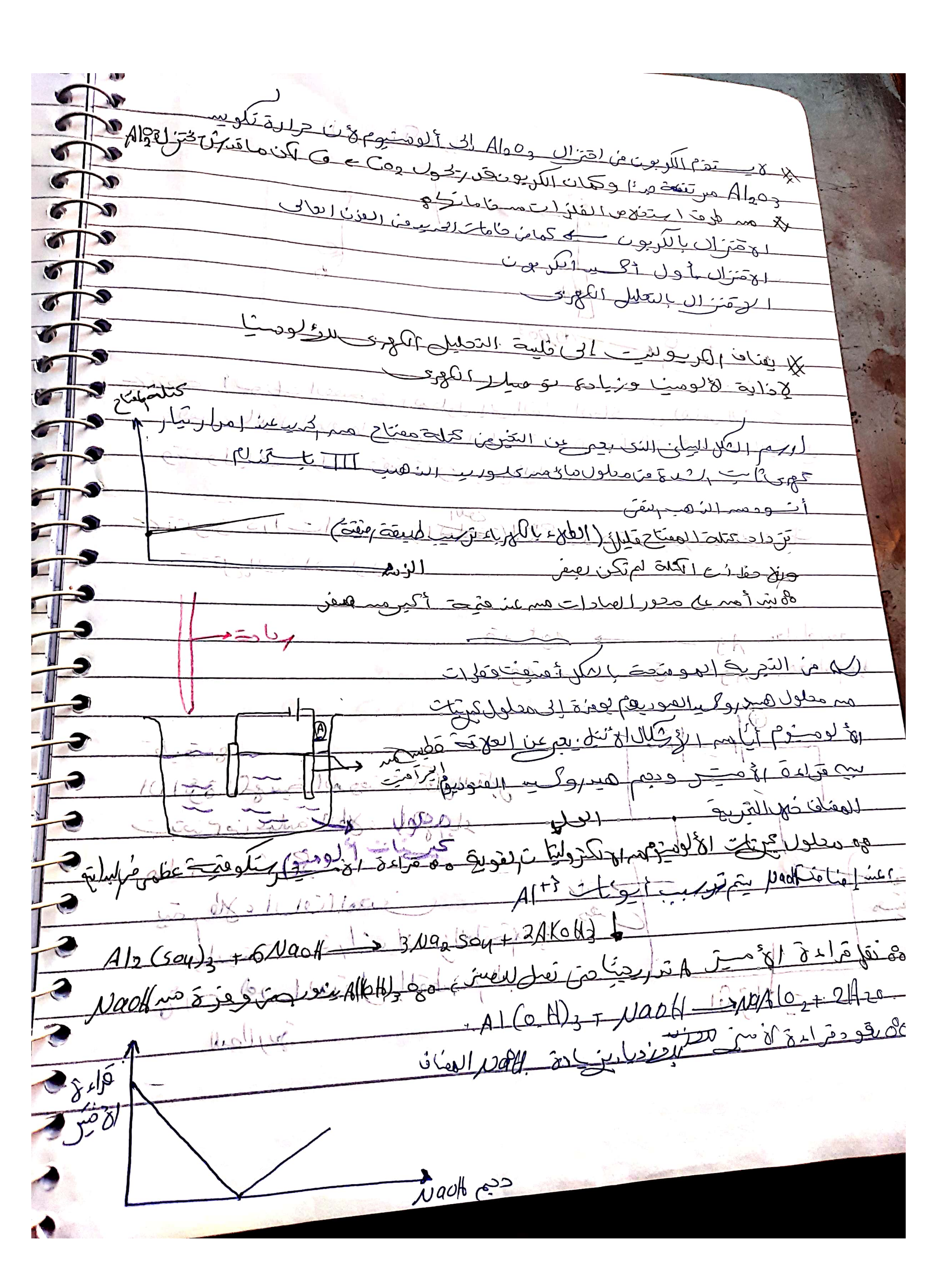
⇐ تتجه أيونات الفضة من المحلول إلى القطب المخالف لها من الشحنة وهو السالب (المهبط) ويمثله الملعقة في هذه الحالة وتتعرض للاختزال وتتحول إلى ذرات فضة ترسب على الملعقة

⇐ تتعرض ذرات المصعد (اللوح) للتأكسد وتتحول ذراتها إلى أيونات تنتقل إلى المحلول!!

معادلة المصعد $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$

معادلة المهبط $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

تطبيق:
الدائرة الكهربية الموضحة بالشكل المقابل تستخدم في عملية الطلاء بالكهرباء
ماذا يحدث؟
يتم طلاء الساق المعدني بطبقة من ذرات الفلز الحلقة المعدنية لأنه هو المتصل بالقطب السالب للبطارية



* لا يستخدم الكربون في اختزال Al_2O_3 إلى ألومنيوم لأن حرارة تكوين Al_2O_3 مرتفعة جدا وكمان الكربون بيتحول لـ CO_2 و CO لكن ما قدرش تختزل Al_2O_3

* من طرق استخلاص الفلزات من خاماتها
الاختزال بالكربون ← كما في خامات الحديد في الفرن العالي
الاختزال بأول أكسيد الكربون
الاختزال بالتحليل الكهربي

* يضاف الكريوليت إلى خلية التحليل الكهربي للألومينا لإذابة الألومينا وزيادة توصيلها الكهربي

ارسم الشكل البياني الذي يعبر عن التغير في كتلة مفتاح من حديد عند امرار تيار كهربي ثابت الشدة في محلول مائي من كلوريد الذهب III باستخدام أنود من الذهب النقي

تزداد كتلة المفتاح قليلا (الطلاء بالكهرباء ترسيب طبقة رقيقة)
ويلاحظ أن الكتلة لم تكن صفر
∴ يبدأ من على محور الصادات من عند نقطة أكبر من صفر

لاحظ من التجربة الموضحة بالشكل أضيفت قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم بوفرة إلى محلول كبريتات الألومنيوم أي من الأشكال الآتية يعبر عن العلاقة فيما بين قراءة الأميتر وحجم هيدروكسيد الصوديوم المضاف خلال التجربة

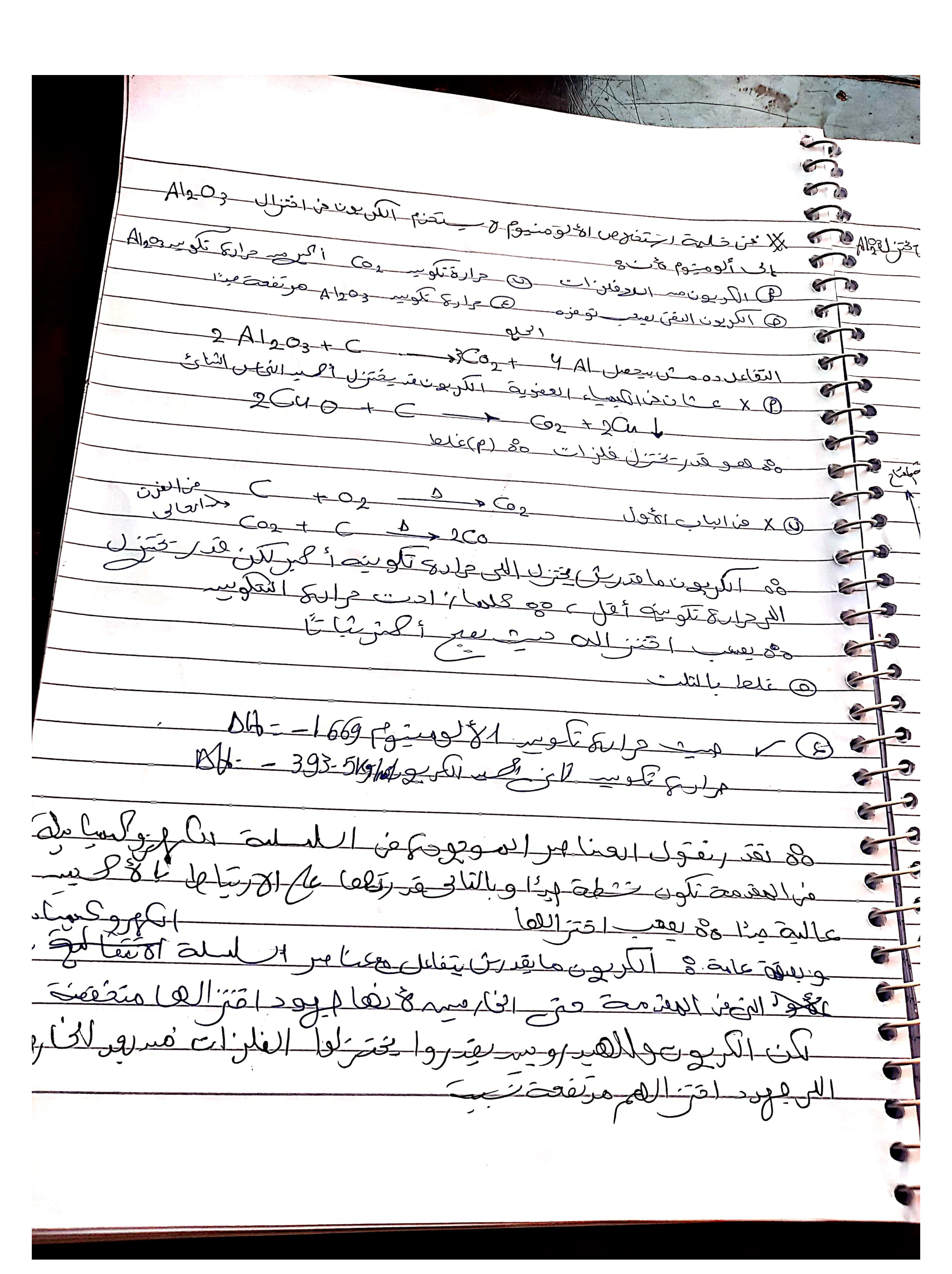
الحل
∵ محلول كبريتات الألومنيوم من الإلكتروليتات القوية ∴ قراءة الأميتر تكون عظمى في البداية
عند إضافة NaOH يتم ترسيب أيونات Al^{+3}

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaOH \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2Al(OH)_3 \downarrow$$

∴ تقل قراءة الأميتر A تدريجيا حتى تصل للصفر ، ∵ $Al(OH)_3$ يذوب في وفرة من NaOH

$$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$$

∴ تعود قراءة الأميتر للازدياد بزيادة NaOH المضاف



※ لا يمكن عملية استخلاص الألومنيوم باستخدام الكربون في اختزال Al_2O_3 إلى ألومنيوم لأنه:

(أ) الكربون من اللافلزات (ب) حرارة تكوين CO_2 أكبر من حرارة تكوين Al_2O_3

(ج) الكربون النقي يصعب توفره (د) حرارة تكوين Al_2O_3 مرتفعة جداً

الحل

$2Al_2O_3 + C \rightarrow CO_2 + 4Al$

التفاعل ده مش بيحصل بس الكربون قد يختزل أكسيد النحاس الثنائي

(أ) × عشان في الكيمياء العضوية الكربون قد يختزل

$2CuO + C \rightarrow CO_2 + 2Cu\downarrow$

∴ هو قدر يختزل فلزات ∴ (أ) غلط

(ب) × من الباب الأول

$C + O_2 \xrightarrow{\Delta} CO_2$ (من الفرن العالي)

$CO_2 + C \xrightarrow{\Delta} 2CO$

∴ الكربون ما قدرش يختزل اللي حرارة تكوينه أكبر لكن قدر يختزل اللي حرارة تكوينه أقل ∴ علماً/ لأن زادت حرارة التكوين ∴ يصعب اختزاله حيث يصبح أكثر ثباتاً

(ج) غلط بالتلت

(د) ✓ حيث حرارة تكوين الألومنيوم $\Delta H = -1669$

حرارة تكوين ثاني أكسيد الكربون $\Delta H = -393.5\ kJ/mol$

∴ نقدر نقول العناصر الموجودة في السلسلة الكهروكيميائية في المقدمة تكون نشطة جداً وبالتالي قدرتها على الارتباط بالأكسجين عالية جداً ∴ يصعب اختزالها

وبصفة عامة: الكربون ما يقدرش يتفاعل مع عناصر السلسلة الكهروكيميائية اللي في المقدمة حتى الخارصين لأنها جهد اختزالها منخفضة لكن الكربون والهيدروجين يقدروا يختزلوا الفلزات من بعد الخارصين اللي جهد اختزالهم مرتفعة نسبياً

* في عملية استخلاص الألومنيوم بطريقة التحليل الكهربي:

← الكريوليت هو مذيب البوكسيت بما هو البوكسيت

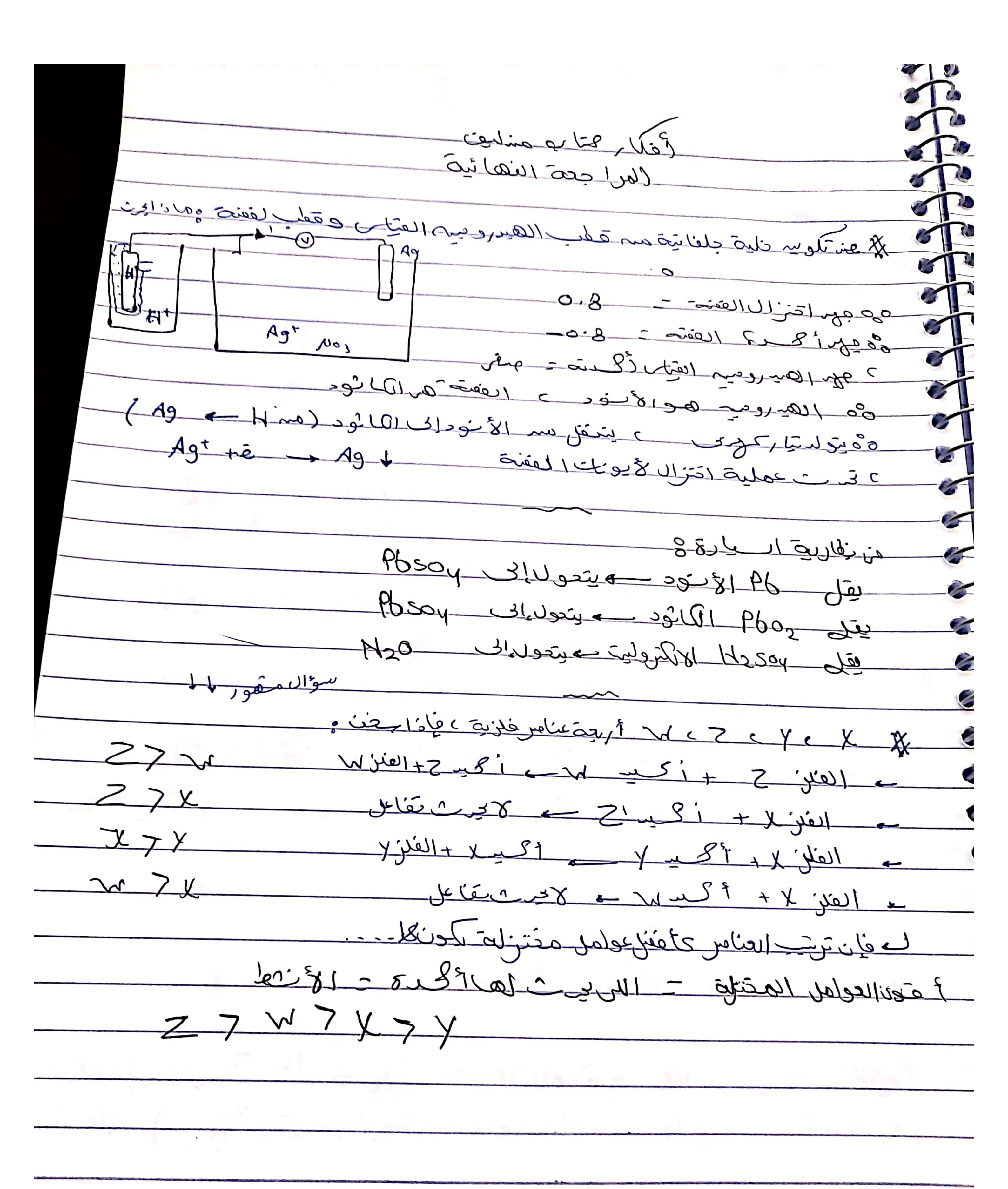
← البوكسيت هو الخام الذي يستخلص منه الألومنيوم كهربيًا

← الإلكتروليت المستخدم هو Al_2O_3 المذاب في Na_3AlF_6 المحتوي على القليل من CaF_2

← أعمدة الجرافيت تستبدل بشكل دوري حيث يتم تآكلها حيث ينتج من التحليل غاز O_2 الذي يتحد مع C ويكون CO_2 , CO

← مصهور أملاح الألومنيوم يكون أقل كثافة من مصهور الألومنيوم لذا يسهل فصل الألومنيوم

← عند إضافة الكريوليت إلى خلية تحليل الألومنيا تذوب الألومنيا وتزداد توصيليتها الكهربية لأن فيها أيونات تزيد من التوصيل الكهربي (موجود فيه على شكل أيونات)
(Na_3AlF_6)



أفكار حتابو منليف
المراجعة النهائية

عند تكوين خلية جلفانية من قطب الهيدروجين القياسي وقطب الفضة ، ماذا يحدث

○ جهد اختزال الفضة = 0.8
○ جهد أكسدة الفضة = 0.8-
○ جهد الهيدروجين القياسي أكسدته = صفر
○ الهيدروجين هو الأنود ، الفضة هي الكاثود
○ يتولد تيار كهربي ، ينتقل من الأنود إلى الكاثود (من H ← Ag)
○ تحدث عملية اختزال لأيونات الفضة $Ag^+ + \bar{e} \rightarrow Ag \downarrow$

من بطارية السيارة :

يقل Pb الأنود ← يتحول إلى $PbSO_4$
يقل PbO_2 الكاثود ← يتحول إلى $PbSO_4$
يقل H_2SO_4 الالكتروليت ← يتحول إلى H_2O

سؤال مشهور ↓↓

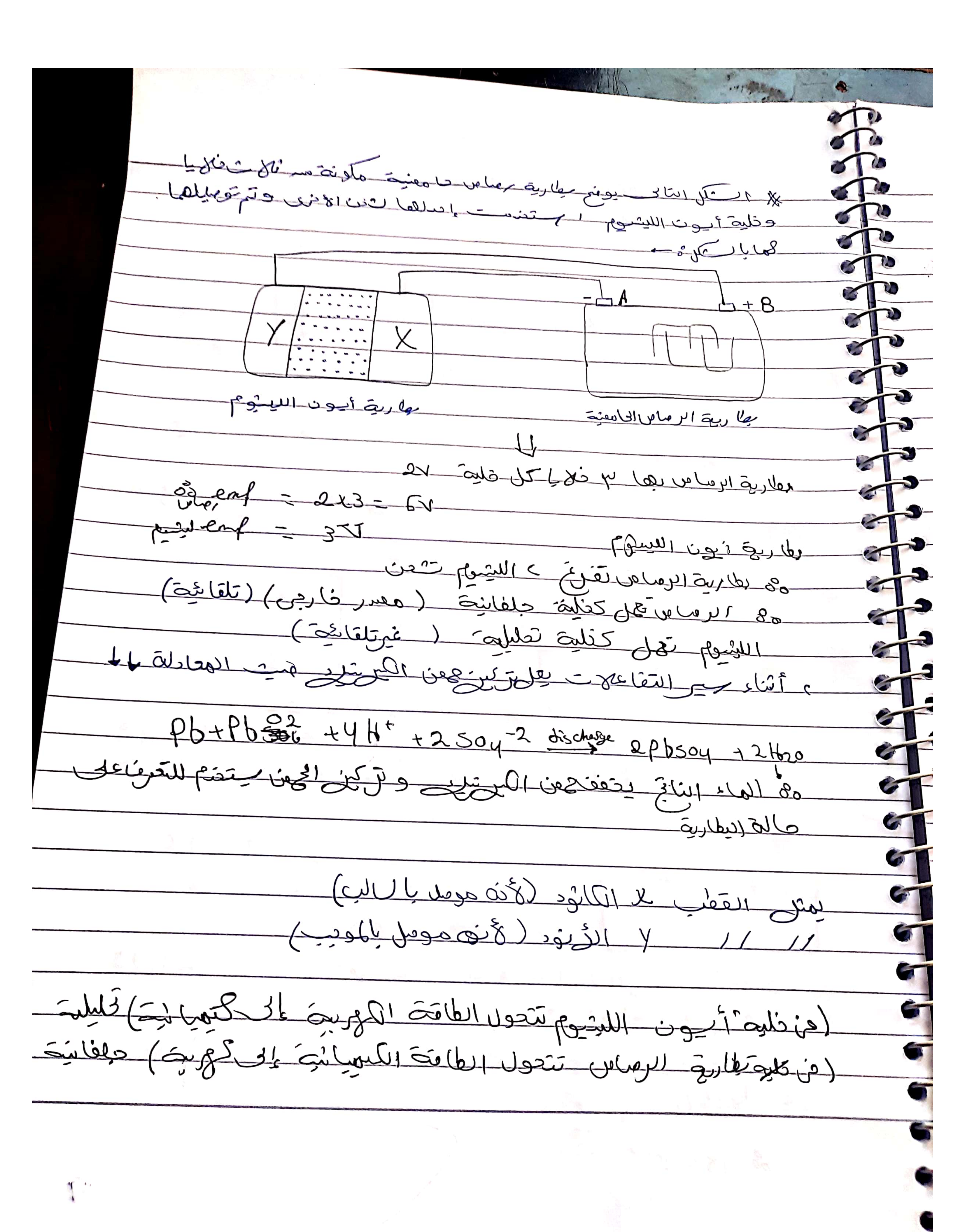
X ، Y ، Z ، W أربعة عناصر فلزية ، فإذا سخن :

- الفلز Z + أكسيد W ← أكسيد Z + الفلز W — $Z > W$
- الفلز X + أكسيد Z ← لا يحدث تفاعل — $Z > X$
- الفلز X + أكسيد Y ← أكسيد X + الفلز Y — $X > Y$
- الفلز X + أكسيد W ← لا يحدث تفاعل — $W > X$

← فإن ترتيب العناصر كأفضل عوامل مختزلة يكون ....

أقوى العوامل المختزلة = التي يحدث لها أكسدة = الأنشط

$Z > W > X > Y$



* الشكل التالي يوضح بطارية رصاص حامضية مكونة من ثلاث خلايا وخلية أيون الليثيوم استخدمت إحداهما لشحن الأخرى وتم توصيلهما كما بالشكل ←

↓

بطارية الرصاص بها ٣ خلايا كل خلية 2V

$emf_{\text{رصاص}} = 2 \times 3 = 6V$

$emf_{\text{ليثيوم}} = 3V$

بطارية أيون الليثيوم

∴ بطارية الرصاص تفرغ ، الليثيوم تشحن

∴ الرصاص تعمل كخلية جلفانية (مصدر خارجي) (تلقائية)

الليثيوم تعمل كخلية تحليلية (غير تلقائية)

، أثناء سير التفاعلات يقل تركيز حمض الكبريتيك حيث المعادلة ↓↓

$$Pb + PbO_2 + 4H^+ + 2SO_4^{-2} \xrightarrow{discharge} 2PbSO_4 + 2H_2O$$

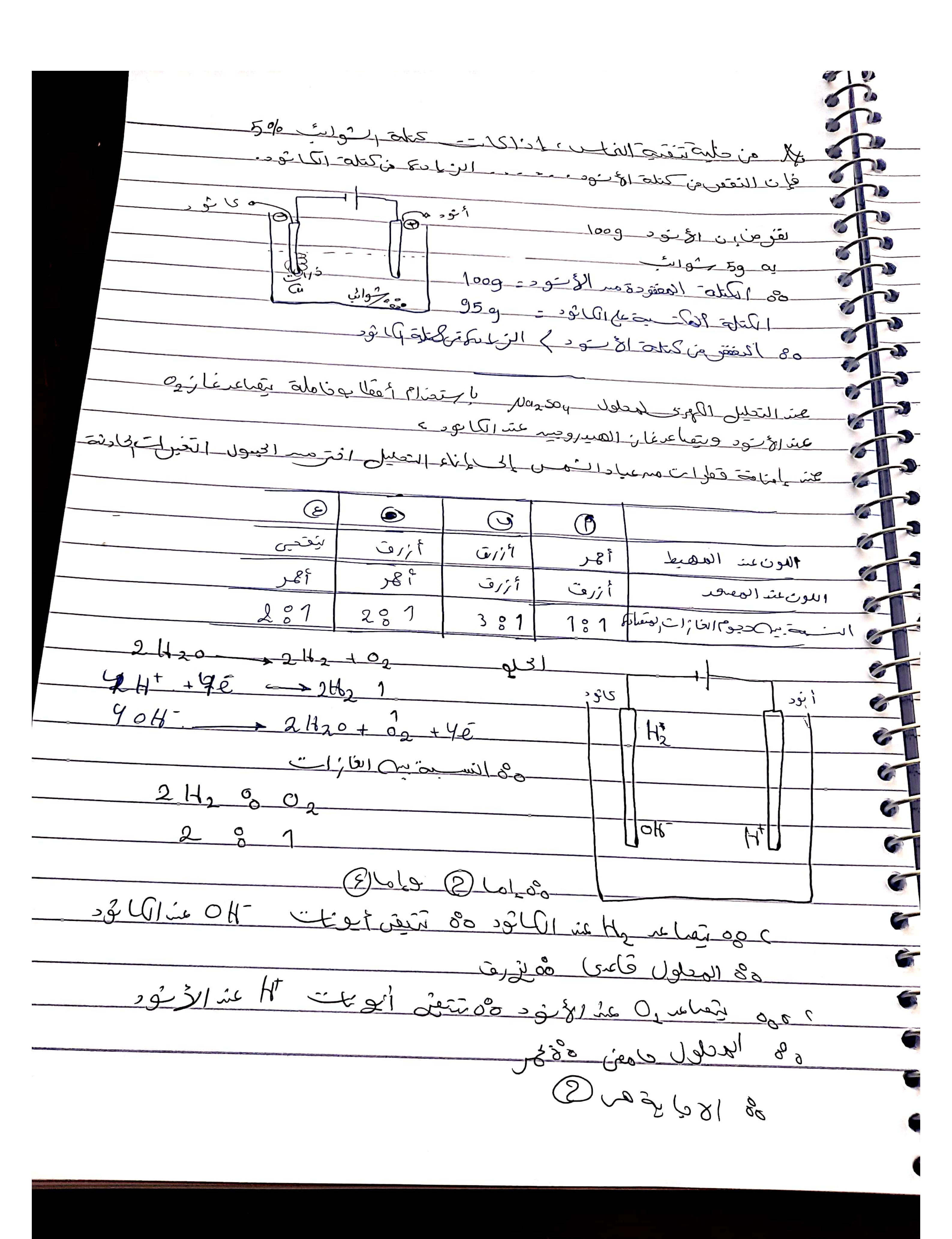
∴ الماء الناتج يخفف من الكبريتيك وتركيز الحمض يستخدم للتعرف على حالة البطارية

يمثل القطب X الكاثود (لأنه موصل بالسالب)

// // Y الأنود (لأنه موصل بالموجب)

(في خلية أيون الليثيوم تتحول الطاقة الكهربية إلى كيميائية) تحليلية

(في خلية بطارية الرصاص تتحول الطاقة الكيميائية إلى كهربية) جلفانية



من خلية تنقية النحاس، إذا كانت كتلة الشوائب 5%
فإن النقص من كتلة الأنود ...... الزيادة في كتلة الكاثود.

نفرض أن الأنود 100g
به 5g شوائب
∴ الكتلة المفقودة من الأنود = 100g
الكتلة المكتسبة على الكاثود = 95g
∴ النقص من كتلة الأنود > الزيادة في كتلة الكاثود

عند التحليل الكهربي لمحلول Na_2SO_4 باستخدام أقطاب خاملة يتصاعد غاز O_2 عند الأنود ويتصاعد غاز الهيدروجين عند الكاثود، عند إضافة قطرات من عباد الشمس إلى إناء التحليل أي من الجدول التغيرات الحادثة

	أ	ب	ج	د
اللون عند المهبط	أحمر	أزرق	أزرق	بنفسجي
اللون عند المصعد	أزرق	أزرق	أحمر	أحمر
النسبة بين حجوم الغازات المتصاعدة	1 : 1	3 : 1	2 : 1	2 : 1

الحل

$$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$$

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$$

$$4OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$$

∴ النسبة بين الغازات

$2H_2 : O_2$

2 : 1

∴ إما (ج) وإما (د)

∴ يتصاعد H_2 عند الكاثود ∴ تتبقى أيونات OH^- عند الكاثود
∴ المحلول قاعدي ∴ يزرق
∴ يتصاعد O_2 عند الأنود ∴ تتبقى أيونات H^+ عند الأنود
∴ المحلول حامضي ∴ أحمر
∴ الإجابة هي (ج)